430.51
5531 v.51
#18624

ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十一卷　第一期

目　次

施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響
……李裕娟　楊純明　張愛華…1
氣象因子對盤固草產量之影響分析
……張芳銘　楊純明　洪國源　施意敏　許福星　卜瑞雄　金文蔚…15
臺灣原生山櫻花的需冷量評估……歐錫坤　陳琦玲…25
甘藍菜以塑膠密封帳氣調貯藏之研究……黃肇家　黃慧穗　蔡金玉…33
類阿巴汀產品之成份研究（英文）……鄭　允　高靜華　黃毓斌…43
小年全株疏果對檸檬後續產量的影響……黃阿賢…56
不同著果枝條對楊桃果實發育與貯藏品質之影響
……劉碧鵑　楊耀祥　王德男　王子慶…61

中華民國九十一年三月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 1～14 (2002)

施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響[1]

李裕娟[2]　楊純明[2,3]　張愛華[2]

摘要：本文研究係在行政院農業委員會農業試驗所農場（臺中縣霧峰鄉）進行，以水稻臺農67號品種 (*Oryza sativa* L. cv. TNG67) 爲試驗材料，施用氮肥爲對照田區，不施氮肥爲處理田區，探討施用氮肥對水稻植株與葉片之氮素、葉綠素及植被反射光譜 (350~1100mm) 之影響。田間試驗實施於1999年一、二期稻作生育期間，同時測定土壤氮素及稻株的生長性狀、葉片氮素與葉綠素、地上部氮素與葉綠素、及植被反射光譜。根據試驗結果，施用氮肥田區之土壤氮素普遍高於不施氮肥田區者，使得生長其上的稻株氮素與葉綠素含量有高於不施氮肥田區稻株之趨勢。由全生育期的葉片及地上部植體葉綠素與氮素含量變化，顯示一、二期稻作的施肥田區植株普遍高於不施肥田區植株，且氮素含量與葉綠素含量之間具有顯著曲線相關。無論一、二期稻作，施肥區稻株的葉面積、地上部鮮重及植株高度均優於不施肥區稻株，惟二期稻作之差距不若一期稻作明顯。兩期作在幼穗分化期至抽穗期量測之植被反射光譜曲線，以近紅外光波段 (740-1100 nm) 較能反映出施用氮肥的效應，可作爲區分施用氮肥與否之指標波段。續以波長反射比與葉片氮素含量進行相關強度分析，發現藍光波段及近紅外光段的相關係數絕對值較高。在量測之光譜範圍中 (350-1100 nm)，一期稻作以720 nm位置相關係數最高，二期稻作則以708 nm位置最高，此兩波長之反射比與葉片氮素之關係呈現二次曲線函數，決定係數 (R^2) 分別達0.856（一期作）及0.550（二期作），可利用於氮素估測與追蹤。又由反射光譜曲線之綠光波段反射比 (G)、紅光波段反射比 (R) 及近紅外光反射比 (NIR) 之波段比G/R、NIR/R、NIR/G與NDVI（標準差植被指數）在水稻全生育時期的分佈，發現亦呈現二次曲線趨勢，曲線高峰出現在穗形成期，而施用氮肥田區之測值在全生育時期皆高於不施肥田區者。此一現象類似於稻株葉片及地上部之氮素與葉綠素含量表現，並顯示稻株植體葉綠素含量較多者，多處於較高氮素含量狀態。綜合上述結果，顯見施用氮肥田區的稻株之氮素、葉綠素及生長性狀皆高於不施肥田區之稻株，在植被反射光譜上的區分，以幼穗分化至抽穗期間之穗形成期近紅外光波段分辨施肥與否較佳，波段比NIR/G及NIR/R亦適合利用於區分施用氮肥效應。

關鍵詞：水稻、氮素、葉綠素、光譜特徵、波段比、植被指數。

前　言

氮肥是穩定和提高水稻生產最重要的肥料之一，卻也是最不容易正確施用的肥料。在水稻生育過

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2099號。接受日期：91年3月23日。
2. 本所農藝組助理、副研究員及農化組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者；電子郵件：cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23302806。

程中，即使吸收等量的氮素，由於吸收的時期不同，稻株的型態和產量構成要素常互異，產量也隨之變動[6, 7]。此說明了氮肥的施用量、施用時期、及施用方法相互搭配的重要與必要，不同組合及衍生的交感作用，都將產生深遠的影響。

在作物生育所必需的氮、磷、鉀三要素中，一般言氮素與稻株植體組織及形態有關，並直接影響稻米蛋白質與澱粉的含量，進而改變米飯食味。生育期間氮肥施用過多或施用時期不當，可能會使植株組織衰弱，稻葉變寬下垂而容易引起倒伏，並使穀粒千粒重減輕、穀粒發育停止、及死米與乳白米數目增加，導致有色米及斑點米之比率升高而減損商業價值[8]。氮肥施用過量（一期稻作 140 kg N ha^{-1}，二期稻作 90 kg N ha^{-1} 以上），亦對米質有負面的作用[11]，尤其在水稻生育後期爲然。此時過度供應氮肥將形成"營養過剩"，使得米粒蛋白質及直鏈性澱粉過高，造成米飯烹調後容易變黃，硬度增加且黏性降低而影響口感。因此，適度調整後期氮肥施用量，是生產好吃的良質米最重要的施肥技術，不僅能穩定產量，並對提高稻米品質有所助益[10]。

爲求控制水稻氮肥之供給，目前的肥培管理已將水稻氮肥分成基肥、數次的追肥和穗肥施用，其中營養生長時期吸收的氮素量約佔總吸收量的55～65％，幼穗形成期到抽穗期爲25～35％，抽穗到收穫期爲5～10％，以生育初期需氮量占較大的比例。然而，很多時候農民多憑個人經驗決定施肥的時間與用量，常有過量施用情事，未能達到依照稻株體內氮營養狀況而施用的精準管理層次。在環保意識高漲的今日，民眾已意識到過量氮肥施用帶來的環境污染與生態破壞，強烈要求適度管制對包括肥料在內的人造化學品的使用。如何有效而精準的管理肥料施用，以維持質量穩定的糧食生產，並減少環保問題，遂成爲現階段農業生產的首要考量課題。

輻射光譜遙測技術爲非破壞性的檢測方法，能夠及時又大面積的檢（偵）測農作物生長狀態，經由資訊處理分析系統獲得量測結果。在農作物生育期間，因爲成熟度、色素種類與濃度、內部細胞結構、水分含量、營養狀態等生理和生化因素的改變，可能導致植被（冠）反射光譜發生明顯的時空變異[4, 21, 22, 23, 30]。此種植被對太陽輻射的反射光譜變化，已被廣泛利用於有關作物逆境種類與程度等多樣遙測調查[1, 34, 35, 40]。由於氮肥改變作物的葉面積、乾物生成、株高、葉綠素濃度、植體顏色、及地面覆蓋率等性狀[25, 32, 12, 37, 38, 36]，預料將影響作物植被的反射光譜，故可利用植被反射光譜的時空變異評估作物氮營養狀態的變異分佈。

葉綠素是一般高等綠色植物的主要色素，扮演能源工廠的角色，提供太陽能及游離電子啓動光合作用運轉。通常高葉綠素含量可以吸收較多光能，在較高光照環境下愈能促進光合作用的進行[24, 33]。由於氮素是葉綠素的構成分子，植體葉綠素含量（或濃度）較多者，也反映其處於較高氮素含量（或濃度）的狀態。因此，推測同一作物具有較高氮素含量的植株，其高葉綠素含量將有助於光合作用率及光合產物的生成[26, 30, 27, 31]。在水稻研究上，葉綠素含量被發現與葉片及莖稈之氮素呈現正相關[26, 27, 31]，且與產量關係密切[26]，於是高葉綠素與氮素對生長將有正面效應。Lee and Yang[26]和Yang and Lee[37]在稻株單葉之葉綠素研究結果，發現葉綠素總量在一、二期稻作的季節變化適用於Gaussian函數，葉綠素總量自生長初期開始增加至抽穗前達頂點，再隨著成熟老化遞減。又發現稻株葉片鮮重與葉綠素總量之間呈現直線相關 ($R^2 > 0.82$)，顯示葉綠素總量將顯著影響兩期稻作葉片鮮重之表現，並因而改變稻株生長與產量。

本文研究旨在測定施用氮肥對一、二期稻作的稻株葉片和植體氮素與葉綠素含量及植被反射光譜的影響，並探討稻株葉片氮素、葉綠素與光學性質在生育期間之變化及期作間差異，綜合評估是否可利用光譜遙測技術於估測稻株體內氮營養狀況及氮素管理。

材料與方法

水稻栽培與管理

田間試驗係於1999年農試所一、二期稻作田進行，將參試水稻 (*Oryza sativa* L.) 品種臺農67號

(TNG67) 秧苗以南北向機插於行政院農業委員會農業試驗所農場（臺中縣霧峰鄉）。田區土壤質地爲壤土，在各期作插秧時測定之土壤主要化學組成分如表一所列（農委會農業試驗所農化組化學分析研究室），未施氮肥田區之土壤氮素含量低於1021 ppm，有機質小於1.15%。以常態（正常）施肥爲對照區，以完全不施用氮肥爲處理區，採用完全逢機設計 (CRD)，4重覆。本項試驗爲探討氮肥施用對水稻植被（冠）反射影響之先驅性研究，爲簡化試驗處理與效應，只以完全不施氮肥爲處理田區。

表1. 1999年一、二期作施用與不施用氮肥田區插秧時的土壤化學成分分析

Table 1. Soil chemical components for the experimental plots applied with or without the nitrogen fertilizer at transplanting in the first and the second crops of 1999

Treatment	pH	O.M. (%)	Kjeldahl N (ppm)	Available P (ppm)	Exchange K (ppm)	Exchange Ca (ppm)	Exchange Mg (ppm)
1st crop, 1999							
Without nitrogen	6.08	1.15	931.70	42.15	122.08	963.17	176.83
With nitrogen	6.20	1.30	1084.85	25.27	80.37	860.67	166.33
2nd crop, 1999							
Without nitrogen	5.93	1.03	1021.00	54.30	147.43	785.00	142.00
With nitrogen	5.97	1.50	1078.70	19.53	81.37	846.67	162.67

本試驗水稻生育期間常態施肥區以硫銨爲基肥，於插秧前施用，施用量42 kg N ha^{-1}；第一次追肥施用臺肥39號複合肥料，用量24 kg N ha^{-1}，於插秧後28天實施；第二次追肥（穗肥）以尿素在抽穗前1-2週施用，施用量46 kg N ha^{-1}。在插秧後一週內，施用8%丁拉殺丹粒劑30 kg ha^{-1}防除雜草，另於插秧後28天於施肥前人工除草一次。有需要防治病蟲害時，依照農委會出版之植護保護手冊推薦操作，以降低其對氮肥處理之影響。水稻生長期間定期調查株高、葉面積及地上部植體鮮重，以瞭解施用氮肥對稻株生長之影響。株高以直尺測量，葉面積以面積儀 (model LI-3000A/LI-3050A, LICOR Inc., USA) 測定，重量則以磅稱量取。

光譜量測及光譜特徵計算

全生育期水稻植被反射光譜之量測，自插秧後每隔1-2週以田間可攜式輻射光譜儀 (model LI-1800，LICOR Inc., USA) 測定植被反射光譜，波長測定範圍爲350-1100 nm，光譜解析度爲2 nm。測定時，將遠端接收器 (LI-1800-02 remote cosine receptor) 置於植被垂直上方約1 m處，偵測植被反射光輻射及太陽光入射光輻射。各重覆試區量測六測點，每一測點反覆測量太陽入射光譜及水稻植被反射光譜各三次，取平均值爲測點代表值，再計算各試區均值及標準差。所有光譜的量測工作皆於上午十時至下午二時以前完成，以減少反射光譜受太陽入射角變動之影響。測定人員本身產生的干擾亦儘量避免之。

將量測之反射光譜範圍內之波長反射比與葉片氮素含量進行相關強度分析 (correlation intensity analysis)，以篩檢相關係數最高之波長位置，作爲估測葉片氮素含量之光譜特徵。又選取水稻植被反射光譜三個波段，其中綠光波段爲0.50~0.59 μm (G)，紅光波段爲0.61~0.68μm (R)，近紅外光波段爲0.79~0.89μm (NIR)，以計算G/R、NIR/R及NIR/G等三項之波段比。另以 (NIR-R)/(NIR+R) 計算標準差植被指數 (normalized difference vegetation index, NDVI)，以觀察波段比及NDVI在水稻生育期間之變化，並比較施用氮肥與否造成差異。

葉綠素與氮素之化學分析

葉片之葉綠素總量 (total chlorophyll) 於插秧後配合光譜量測定期取樣分析（1999年一、二期稻作），以追蹤生育期間之變化。葉綠素化學分析方法採自Arnon[12]修正法[26, 36]，除了生育初期之外，每

次取樣均自每一重覆試區逢機割取4叢，取4叢平均爲試區代表值，再以4重覆試區均值進行分析。每叢葉片打取圓形樣本分析葉片葉綠素，樣本先經海砂（約0.1 g）混合添加液態氮（約2 ml）以杵磨碎，加入80%丙酮萃取，再以2500 rpm (825 g) 離心10 min。取上層溶液以光電比色計 (model DU-68, Beckman Inc., USA) 讀取吸收率測值，再以下列公式計算葉綠素總量：Total chlorophyll (mg) = (D652×V)/34.5×W，其中D λ爲在λ波長 (nm) 之吸收率測值，V爲上層溶液之容積 (ml)，W爲葉片樣本或全株樣本之鮮重 (g)。

水稻植體及葉片氮素測定，係取前述水稻樣株，攜回實驗室以70-80℃烘乾72 h後磨碎篩濾(0.1 mm)，再以Kjeldahl方法分析樣本全氮濃度。秤取約0.2 g粉狀樣本置入50 ml分解瓶，加入0.2 g催化劑 (K_2SO_4 : $CuSO_4 \cdot 5H_2O$: Se= 50 : 10 : 1, w/w) 及4 ml之36 N濃硫酸，於800℃電爐上加熱約2 hr至分解液呈淡青綠色時取出冷卻至室溫，加入去離子水 (NANOpure, Ultrapure Water System, Barnstead/Thermolyne Inc., Iowa, USA) 至50 ml均勻混合。取5 ml稀釋液加入10 N NaOH溶液5 ml，以蒸餾方式收取冷凝之蒸氣於加溴酚藍之4 ml硼酸溶液 (4%)，使顏色由紅轉成紫藍。再以0.01 N HCl溶液滴定，直至顏色再由紫藍轉成紅爲止。樣本氮素含量 (%) 由下列公式計算：$N(\%)=0.01 \times W_N \times 8V \times 50\ ml/5\ ml \times 1/W$，其中V爲HCl之滴定量 (ml)，W爲樣本重量 (g)，W_N則爲氮素分子量 (14 g)。

結果與討論

本文研究之田間試驗係於1999年水稻一、二期作生育期間進行，由圖1之土壤氮素分析結果，發現常態施用氮肥之田區土壤氮素有高於不施肥田區土壤氮素趨勢，土壤氮素除了生育初期之外，不施肥區之土壤氮素含量大多低於正常施肥田區者。此一現象符合施肥邏輯，在生長初期由於稻株需氮素養分不多，前作殘留於土壤之氮素使得不施肥與施肥田區未出現差異，其後隨著稻株的旺盛生長及土壤氮素養分的吸收利用，正常施肥田區之土壤氮素含量將高於不施肥田區土壤氮素含量。

土壤氮素含量之變化，將影響可供水稻植株吸收之可利用氮素狀態，因此可預見將造成稻株植體氮素含量及生長上的差異。由圖2及3之結果，無論一、二期稻作，葉綠素與氮素在生育期間之變化類似，一般言生育前期之含量多高於生育後期之含量。結果亦顯示，稻株葉片及地上部植體（葉片加稈）之葉綠素與氮素受到施用氮肥與否的影響；施用氮肥田區之稻株葉片及地上部植體之葉綠素與氮素含量普遍高於不施氮肥田區之稻株。林[5]之試驗指出，稻株含氮率在秧苗期較高，移植以後稍微降低，秧苗成活開始吸收養分後復又昇高，在分櫱盛期呈現高峰，接著隨稻株增大使得稻株含氮率逐漸降低。Lee and Yang[26]研究報告顯示，稻株植體葉綠素全生育期之變化適用於Gaussian函數解釋，決定係數 (R^2) 高達0.89。本文試驗符合前述結果，並證明無論葉片或地上部植體，葉綠素總量與氮素含量之間具有顯著曲線相關（圖4）。另又進一步呈現施用氮肥與否造成的差異，土壤氮素的缺乏將反應在植體葉綠素與氮素含量上的差距。至於兩期稻作之間的不同，推測係受到氣候環境及其產生的不等生長速率影響，尚待深入探討。

施用氮肥對稻株生長之效應如圖5所示，在所調查之葉面積、株高及地上部鮮重等性狀，施用氮肥田區之稻株均有大於不施肥田區稻株之趨勢，尤以葉面積之差異最爲明顯。此一生長上的區別，可由葉綠素與氮素之生理意義予以解釋。氮素爲蛋白質及葉綠素等的主要組成分，若缺乏將會影響植體的構成及生理活性。其中葉綠素是綠色植物行光合作用的能量工廠，它截取光輻射中可見光波段 (400-740 nm) 的能量，來提供固定大氣中二氧化碳所必需的推動能源[17, 18, 19]。由稻株葉片及植體中葉綠素含量高低，可以粗估水稻生理活性之強弱，並可預期高氮素含量者具有較高葉綠素含量和光合成活力，獲得較高植體鮮重表現[26, 36]，本文研究結果的確反映出此一事實。此外，林[3]以二種氮肥用量（每公頃施120及60 kg氮素）觀察對水稻生產特性的影響，發現葉面積指數及稻稈與稻穀之氮素含量均以施用120 kg者比施用60 kg者爲高，但淨同化率及稻稈與稻穀之澱粉含量則相反。又從抽穗期至成熟期之稻

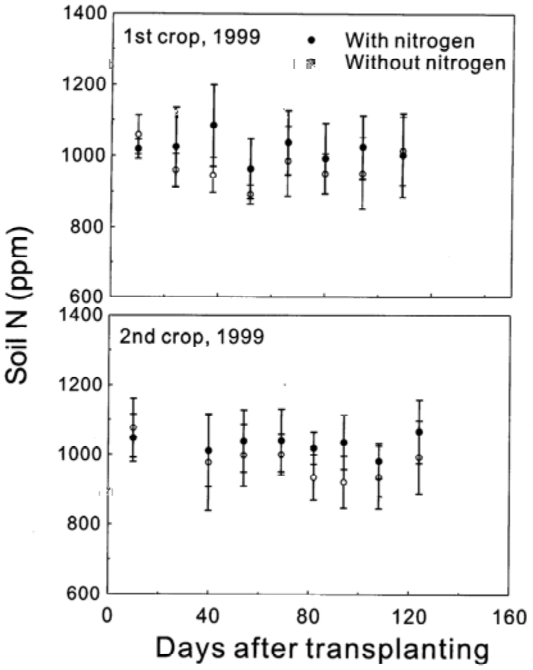


圖1. 1999年一、二期稻作期間施用氮肥之田區土壤氮素含量季節變化。

Fig. 1. Changes of soil nitrogen content in the experimental plots supplied with or without nitrogen fertilizer during the first and the second cropping seasons of 1999.

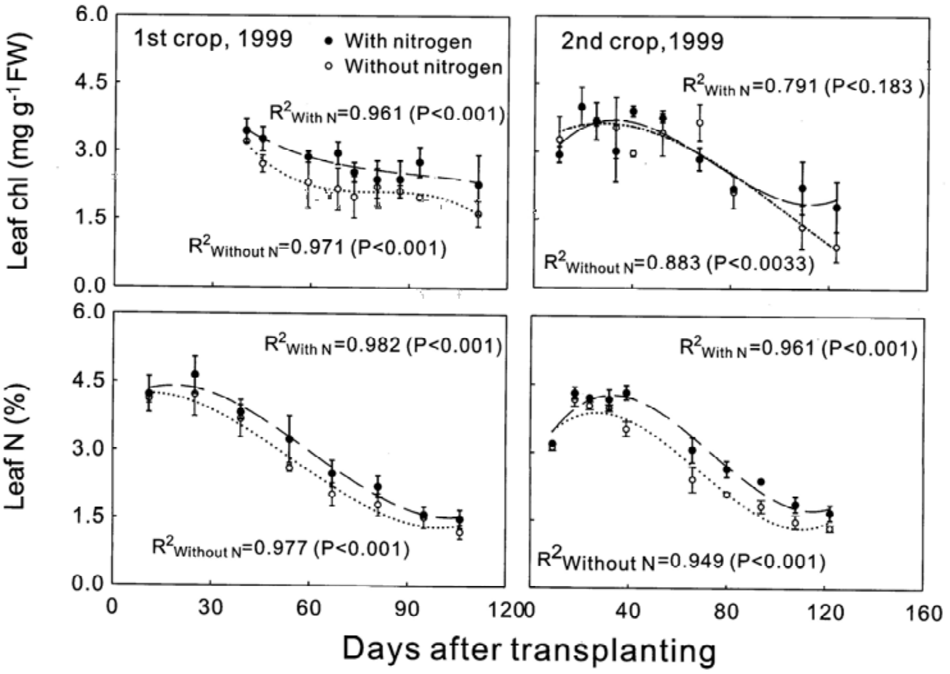


圖2. 1999年一、二期稻作期間施用氮肥對稻株葉片葉綠素及氮素季節變化之影響。

Fig. 2. Changes of leaf chlorophyll and nitrogen contents in rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the first and the second cropping seasons of 1999.

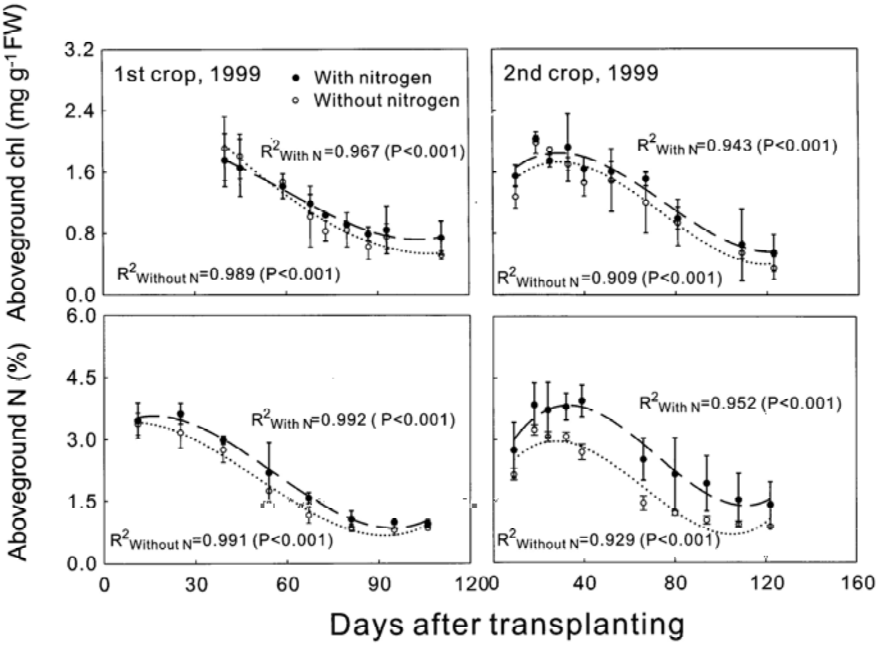


圖3. 1999年一、二期稻作期間施用氮肥對稻株地上部植體（葉片＋稈）葉綠素及氮素季節變化之影響。

Fig. 3. Changes of aboveground chlorophyll and nitrogen contents in rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the first and the second cropping seasons of 1999.

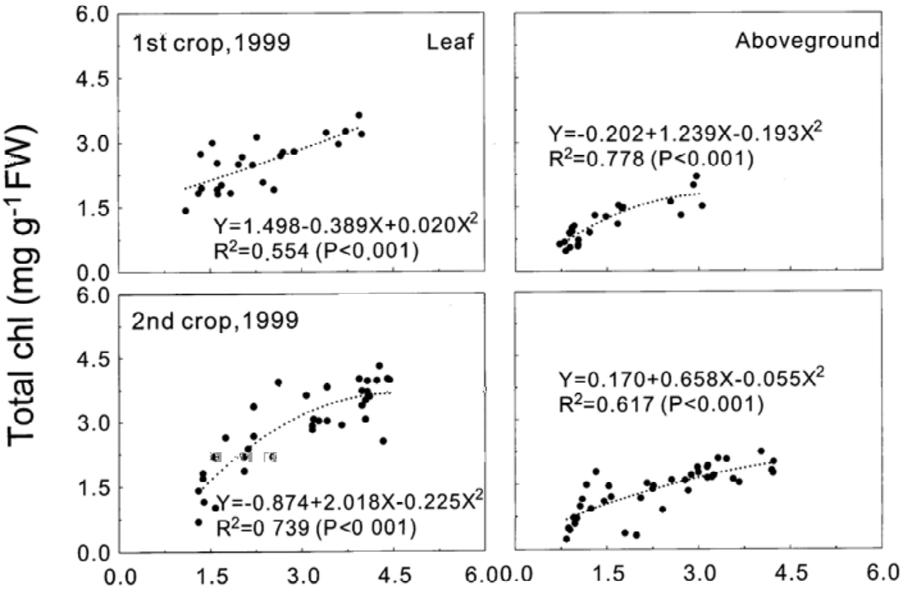


圖4. 水稻臺農67號 (*Oryza sativa* L. cv. TNG67) 葉片及地上部植體之氮素與葉綠素總量之相關。

Fig. 4. Correlation between total chlorophyll and nitrogen content in leaves and aboveground plant parts in rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 1999.

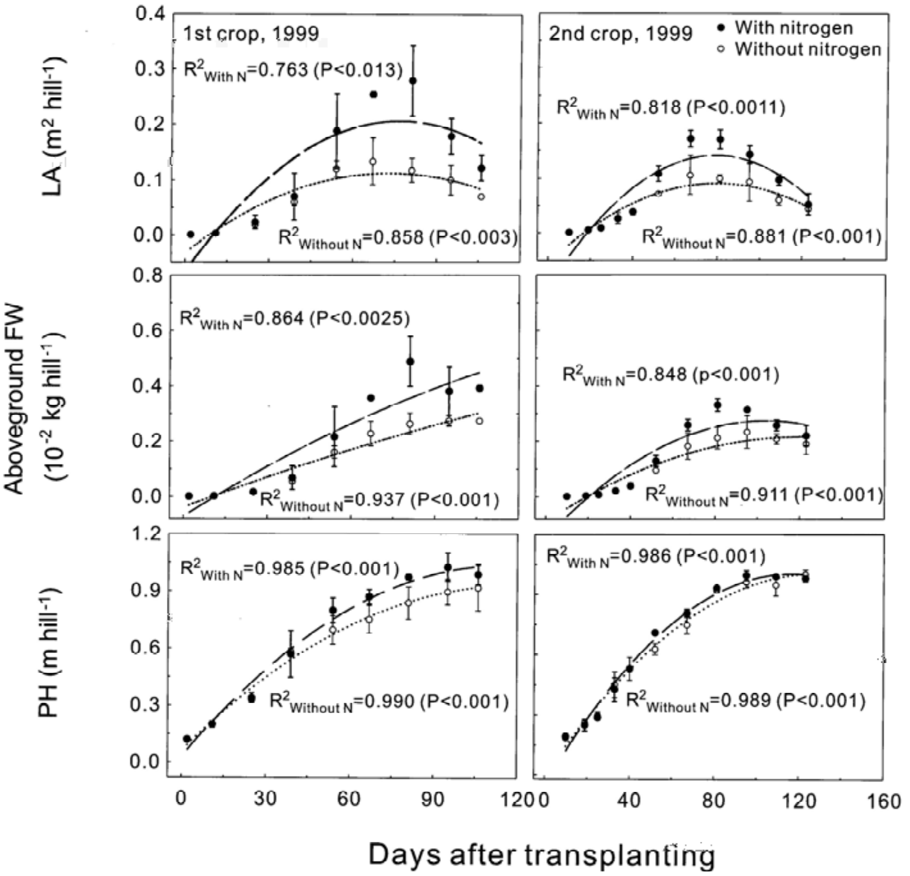


圖 5. 1999 年一、二期稻作期間施用氮肥對稻株葉面積 (LA)、地上部植體鮮重 (Aboveground FW)、及株高 (PH) 季節變化之影響。

Fig. 5. Changes of leaf area, aboveground fresh weight, and plant height in rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the first and the second cropping seasons of 1999.

稈與稻穀之氮素含量減輕及轉移量，則以施用 120 kg 氮肥的結果比 60 kg 氮肥大，但澱粉含量減輕及轉移卻爲相反結果，顯示改變氮肥施用量可能影響蛋白質生成及澱粉含量，値得進一步究明其增減比例對產量與米質之效應，釐清氮肥施用量與施用期之作用。

施用氮肥對水稻植被反射光譜之作用如圖 6 及 7，在兩期稻作之分櫱時期，施用與不施用氮肥田區之植被反射光譜曲線反應類似，變異區間互相重疊。自幼穗分化期至抽穗期之間，兩田區之光譜曲線逐漸分離，尤以大於 740 nm 之近紅外光波段爲然。至抽穗期，反射光譜曲線之變異加大，顯示植被結構之複雜程度增加，此時稻株營養器官（如葉、稈）與生殖器官（如穗）並存，植體之幾何構造繁複。氮肥施用與否在此時有顯著分別，造成抽穗時間及程度不一，營養與生殖器官大小互異，不均勻的植被可預期造成兩種處理田區植被反射光譜上的極大不同，亦以近紅外光波段具有較大差距。由穀粒充實期開始，稻株植體及穀粒顏色由綠轉黃，整體構造又趨一致，使得變異逐漸縮小，於是光譜曲線又趨類似而重疊。惟二期稻作之施肥與不施肥田區之稻株差異仍大，氣候環境與缺氮促使不施肥田區之早熟稻株與施肥田區稻株有顯著不同外觀，在反射光譜上出入甚大。

水稻植被的反射光譜主要受到葉綠素吸收光輻射的影響，在藍光與紅光波段吸收率高而在綠光波

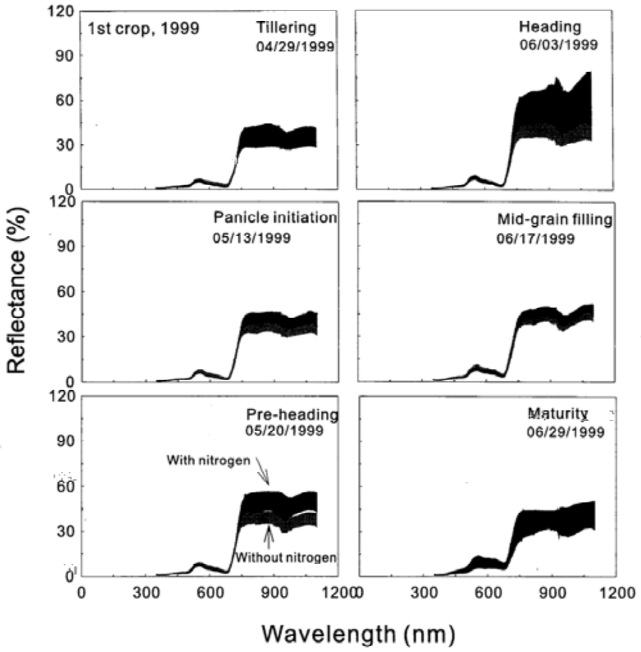


圖6. 1999年一期稻作期間施用氮肥對水稻不同生育期之植被反射光譜之影響。

Fig. 6. Changes of reflectance spectrum for rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the first cropping season of 1999.

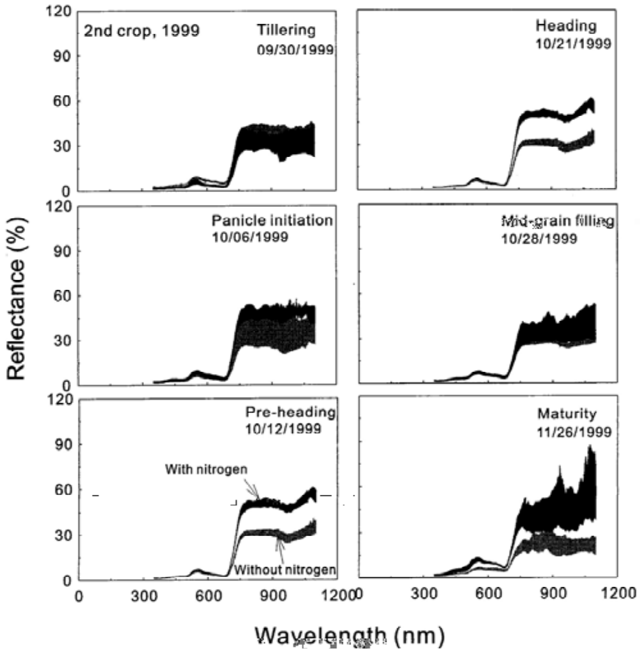


圖7. 1999年二期稻作期間施用氮肥對水稻不同生育期之植被反射光譜之影響。

Fig. 7. Changes of reflectance spectrum for rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the second cropping season of 1999.

段吸收率低，近紅外光波段則隨著植被覆蓋率大小而改變；覆蓋率大者反射比例較高，反之則較低。在缺乏氮素時，可以發現在可見光區的反射會因葉綠素濃度降低而增加，在近紅外光區的反射值則因葉片細胞層數減少而降低[39, 16]。由圖6及7顯示，施用氮肥田區之水稻具有較旺盛的生長及較大植被覆蓋率（資料未列出），對照上述之較高葉綠素與氮素含量，其在可見光區及近紅外光區之表現正如預期。尤其在近紅外光波段的較顯著差異，可作爲稻株欠缺氮素之標的波段。

爲了進一步瞭解植被反射光譜特徵與葉片氮素含量之相關，乃將各波長反射比與葉片氮素含量進行相關強度分析，結果如圖8。兩期作之相關強度曲線類似，施用氮肥與否亦未造成曲線大幅異動，以藍光波段呈現較高正相關，近紅外光波段呈現較高負相關。由相關強度曲線中選擇相關係數最高之波長位置，第一期稻作出現在720 nm，第二期稻作則落於708 nm，此兩波長之反射比與葉片氮素含量均呈現二次曲線關係（圖9），決定係數分別爲0.856及0.550。此二波長均位於所謂紅光波段至近紅外光波段之紅光臨界區 (red-edge)，反射比愈高則葉片氮素含量愈低，兩期作的趨勢相同。Barbara et al.[13]的研究亦指出，緊接近紅外光波段之紅光臨界區波長，可適用於估測植株的氮素含量，而可見光波段則可利用於估測植株葉綠素含量。本試驗圖9之關係模式，可利用於估測及追蹤水稻生育期間植株葉片之氮素含量，惟在氮素含量低於1.5%時適用性欠佳。

在水稻植被反射光譜中，可見光區的綠光波段 (500~590 nm，G) 受到葉綠素的吸收較少，其較強的反射利於綠色植物的辨別。葉綠素對紅光波段 (610~680 nm，R) 吸收強烈，因此綠色植物在此波段的反射低，非植物性的地物在此波段的反射較高。近紅外光波段 (790~890 nm，NIR) 不被葉綠素吸

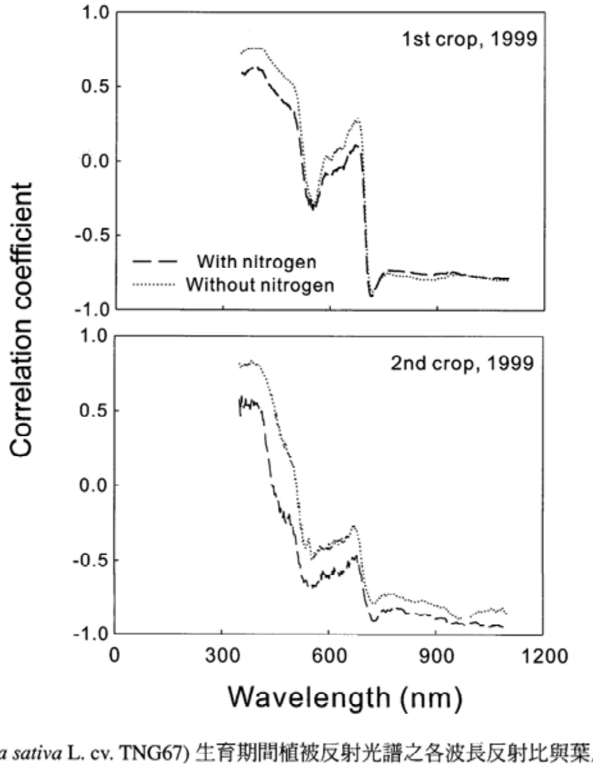


圖8. 水稻臺農67號 (*Oryza sativa* L. cv. TNG67) 生育期間植被反射光譜之各波長反射比與葉片氮素含量之相關係數。

Fig. 8. Changes of correlation coefficient between reflectance and leaf nitrogen along the measured spectral range (350-1100 nm) for rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the first and the second cropping seasons of 1999.

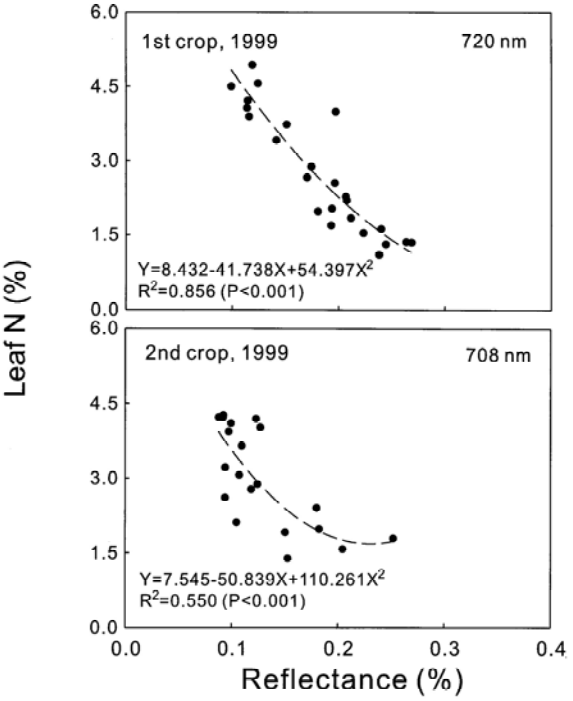


圖9. 水稻臺農67號 (*Oryza sativa* L. cv. TNG67) 生育期間植被反射光譜之720 nm（1999年一期稻作）及708 nm（1999年二期稻作）波長反射比與葉片氮素含量之相關。

Fig. 9. Correlation between leaf nitrogen and reflectance at 720 nm (First crop) and 708 nm (Second crop) in rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 1999.

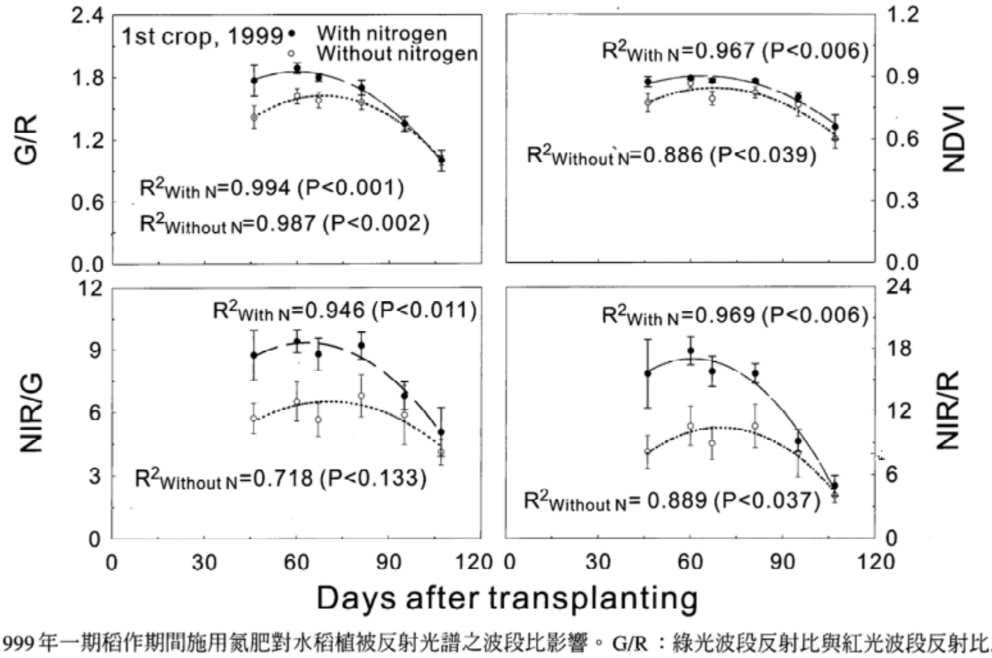


圖10. 1999年一期稻作期間施用氮肥對水稻植被反射光譜之波段比影響。G/R：綠光波段反射比與紅光波段反射比之比值，NIR/G：近紅外光波段反射比與綠光波段反射比之比值，NIR/R：近紅外光波段反射比與紅光波段反射比之比值，NDVI：標準差植被指數。

Fig. 10. Changes of waveband ratios of green to red (G/R), near-infrared to green (NIR/G), near-infrared to red (NIR/R), and NDVI (normalized difference vegetation index) for rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the first cropping seasons of 1999.

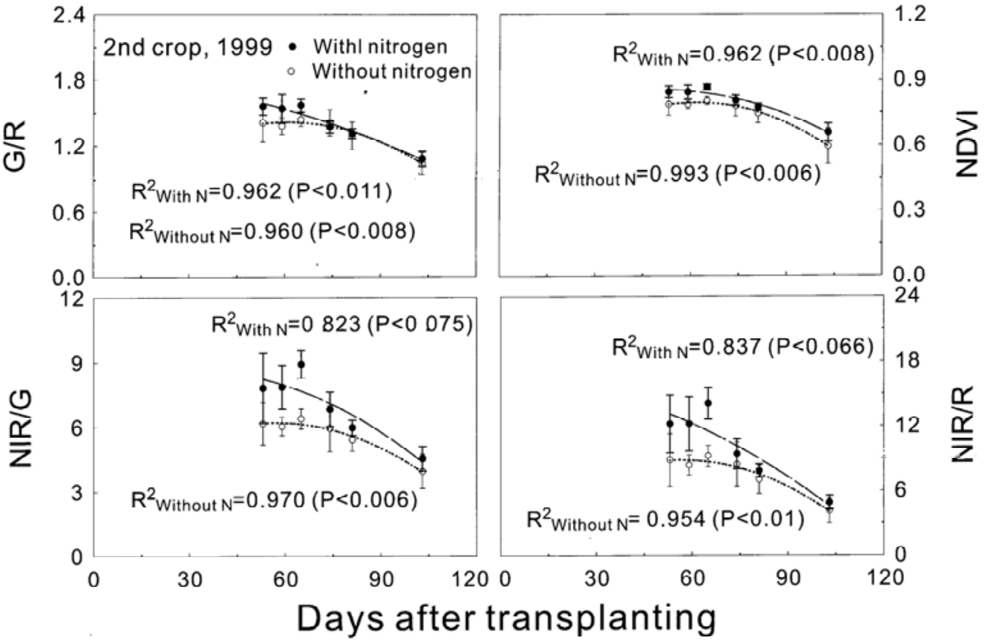


圖11. 1999年二期稻作期間施用氮肥對水稻植被反射光譜之波段比影響。G/R：綠光波段反射比與紅光波段反射比之比值，NIR/G：近紅外光波段反射比與綠光波段反射比之比值，NIR/R：近紅外光波段反射比與紅光波段反射比之比值，NDVI：標準差植被指數。

Fig. 11. Changes of waveband ratios of green to red (G/R), near-infrared to green (NIR/G), near-infrared to red (NIR/R), and NDVI (normalized difference vegetation index) for rice plants supplied with or without nitrogen fertilizer during the second cropping seasons of 1999.

收，並受到細胞壁及胞內氣體的反射，使得植被在此波段的反射值很高，有助於植物背景的辨識。在進行光譜遙測時，若未能同時量測入射太陽光輻射的資料，將無法直接以單波段反射值的高低進行鑑別，而常以波段比值方法予以克服[27, 29]。本研究於是計算兩期稻作測得之光譜波段比，G/R、NIR/R、NIR/G及NDVI，觀察水稻生育期間之變化及施用氮肥與否造成之差異（圖10及11）。由生育期間之變化曲線顯示，波段比及NDVI呈現二次曲線分佈，於抽穗前達高峰，結果類似於楊及蘇 (1997)[11]之研究報告。無論一、二期稻作，正常施肥田區的比值皆高於不施肥田區者，反映出不施肥田區的植被生長狀況不如正常施肥田區的生長表現。在此四項指標中，NIR/G及NIR/R在施用氮肥與否之區隔較大，適合利用於區分施用氮肥在植被生長（覆蓋）上之差異。

誌　謝

本文研究承蒙行政院農業委員會提供計畫經費 (89遙測-4.1-糧-41(4)) 支持，特以致謝。

引用文獻

1. 申雍、李佩玲。1998。應用SPOT衛星影像區分水稻旱害等級與受災範圍之初步研究。中華農業氣象 5: 203-208.
2. 宋勳。1980。施肥法影響水稻碾米品質之研究。台中區農業改良場研究彙報新3: 220-223。
3. 林再發。1998。氮肥用量對一、二期作水稻產量及生育性狀的影響。台中區農業改良場研究彙報61: 13-23。
4. 林金樹。1994。光譜指標在環境變遷上功效之研究。航空測量及遙感探測 26: 43-75。
5. 林金樹。1998。光譜植生指標在森林資源調查林分鬱閉度預測模式上應用之個案研究。中華林學季刊 31(1): 51-63。

6. 林鴻淇、鍾仁賜。1982。光氣候、溫度和氮肥之交感對水稻不稔之影響。中國農業化學會誌20: 21-31。

7. 林鴻淇、鍾仁賜、涂秀麗。1981。溫度與光氣候及營養間之交感對水稻之發育與分化及營養生理的效應II對氮素吸收、分配及利用之影響。中國農業化學會誌19: 115-124。

8. 侯福分。1988。肥料對稻米品質之影響。稻米品質研討會專集。242-248頁。台中區改良場編印。

9. 張正賢。1988。稻作學精要。國立編譯館。

10. 賴明信、陳正昌、郭益全、陳治官、李長沛、曾東海、林英俊。1997。現行水稻推品種生產力與氮肥用量之關係 II. 氮肥用量對水稻品質性狀之影響. 中華農業研究 46(1): 1-14。

11. 楊純明、蘇慕容。1997。水稻族群植冠反射光譜之分析。中華農業氣象 (2): 87-95。

12. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

13. Barbara, J. Y., and R. E. Pettigrew-Crosby. 1995. Predicting nitrogen and chlorophyll content and concentrations from reflectance spectra (400-2500 nm) at leaf and canopy scales. Remote Sens. Environ. 53:1 99-211.

14. Blackmer, T. M. , J. S. Schepers and G. E. Varvel. 1994. Light reflectance compared with other nitrogen stress measurements in corn leaves. Agron. J. 86: 934-938.

15. Buttery, B. R., and R. I. Buzzell. 1977. The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. Can. J. Plant Sci. 57: 1-5.

16. Buttery, B. R., R. I. Buzzell and W. I. Findlay. 1981. Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field-grown cultivars of soybeans. Can. J. Plant Sci. 61: 161-163.

17. Chang, K. W., C. M. Yang and Y. Shen. 1997. Analysis of climatic and terrain effects on vegetation in Yuenyang Lake nature preserve using SPOT image. In: Proceeding of 1997 International Long-Term Ecological Research and Biodiversity Studies Conference. p.12-13. Taipei, Taiwan.

18. Earl, H. J., and M. Tollenaar. 1997. Maize leaf absorptance of photosynthetically active radiation and its estimation using a chlorophyll meter. Crop Sci., 37: 436-440.

19. Gausman, H. W. 1982. Visible light reflectance and absorptance of differently pigmented cotton leaves. Remote Sens. Environ. 13: 233-238.

20. Gausman, H. W., W. A. Allen, V. I. Myers and R. Cardenas. 1969. Reflectance and internal structure of cotton leaves, *Gossypium hissutum* L. Agron. J. 61: 374-376.

21. Hatfield, J. L., G. Asrar and E. T. Kanemasu. 1984. Intercepted photosynthetically active radiation estimated by spectral reflectance. Remote Sens. Environ. 14: 65-75.

22. Hesketh, J. D. 1963. Limitations to photosynthetic response of photosynthesis to light. Crop Sci. 19:54-58.

23. Inoue, Y. 1990. Remote detection of physiological depression in crop plants with infrared thermal imagery. Jpn. J. Crop Sci. 59: 762-768.

24. Johnkutty, I., and S. P. Palaniappan. 1996. Use of chlorophyll meter for nitrogen management in lowland rice. Fertilizer Res. 45: 21-24.

25. Ladha, J. K., A. Tirol-Padre, G. C. Punzalan, E. Castillo, U. Singh and C. K Reddy. 1998. Nondestructive estimation of shoot nitrogen in different rice genotypes. Agron. J. 90: 33-40.

26. Lee, Y.-J., and C.-M. Yang. 1999. Relationship of plant growth and chlorophyll content in field-grown rice. Chinese J. Agromet. 6: 191-200.

27. Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer. 1994. "Remote Sensing and Image Interpretation". 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.

28. Masoni, A., L. Ercoli and M. Mariotti. 1996. Spectral properties of leaves deficient in iron, sulfur, magnesium, and manganese. Agron. J. 88: 937-943.

29. Peng, S., R. C. Laza, F. V. Garcia and K. G. Cassman. 1995. Chlorophyll meter estimates leaf-based nitrogen concentration of rice. Comm. soil Sci. Plant Anal. 26: 927-935.

30. Price, J. C., and W. C. Bausch. 1995. Leaf area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. Remote Sens. Environ. 52: 55-65.

31. Sestak, Z. 1966 Limitations for finding a linear relationship between chlorophyll content and photosynthetic activity. Biol. Plant. 8: 336-346.

32. Stanhill, G., V. Kalkofi, M. Fuchs and Y. Kagan. 1972. The effects if fertilizer applications on solar reflectance from a wheat

crop. Isael J. Agric. Res. 22: 109-118.

33. Steven, M. D., T. J. Malthus, T. H. Demetriades-Shah, F. M. Danson and J. A. Clark. 1990. High-spectral resolution indices for crop stress. In: Application of Remote Sensing in Agriculture. p.209-228. Steven, M. D. and J. A. Clark (eds.). London: Butterworths.

34. Thomas J. R., and G. F. Oerther. 1972. Estimation nitrogen content of sweet pepper leaves by reflectance measurements. Agron. J. 64: 11-13.

35. Walburg, G., M. E. Bauer, C. S. T. Daughtry and T. L. Housley. 1982. Effects if nitrogen nutrition on the growth, yield, and reflectance characteristics of corn canopies. Agron. J. 74: 677-683.

36. Yang, C.-M. 2001. Estimation of Leaf Nitrogen Content from Spectral Characteristics of Rice Canopy. Optimizing Nitrogen Management in Food and Energy Production and Environmental Protection. Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy. 14-18 October, 2001. Potomac, Maryland, USA. The ScientificWorld 1(S2). ISSN 1532-2246; DOI 10. 1100/tsw2001.387.

37. Yang, C.-M., and Y.-J. Lee. 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crop and their relationships with growth. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B). 25(4) :233-238.

38. Yang, C.-M., and C.-H. Cheng. 2001. Spectral characteristics of rice plants infested by brown planthopper. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B). 25: 180-186.

39. Yang C.-M., and M.-R. Su. 1998. Correlation of spectral reflectance to growth in rice vegetation. In: Proceedings of the 19th Asian Conference on Remote Sensing. A1-1-1-A1-1-6. Manila, Philippines.

40. Yang C.-M., and M. -R. Su. 1998. Seasonal variations of reflectance spectrum and vegetation index in rice vegetation cover. In: Proceedings of the 3rd Asian crop Sci. Conf., p.574-593 April 27 - May 2, 1998, Natl. Museum of Natural Sci., Taiwan (ROC).

Changes of nitrogen and chlorophyll contents and reflectance spectral characteristics to the application of nitrogen fertilizer in rice plants [1]

Yuh-Jyuan Lee[2], Chwen-Ming Yang[2,3] and Ay-Hwa Chang[2]

Summary

Field experiments were conducted in the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, to study changes of nitrogen and chlorophyll contents and spectral characteristics to the application of nitrogen fertilizer in rice plants (*Oryza sativa* L. cv. TNG67) grown in the first and the second cropping seasons of 1999. It was shown a higher level of soil nitrogen in the soil applied with nitrogen fertilizer. Nitrogen and chlorophyll contents in leaves and aboveground plant parts of rice from the fertilized plots were greater than that in the plants from the non-fertilized plots during both growing seasons. Nitrogen and chlorophyll were shown curvilinearly correlated. Plants supplied with fertilizer had higher leaf area, aboveground fresh weight and plant height, especially in the first crop. Reflectance spectrum of rice canopy was affected by the application of nitrogen fertilizer with the distinct differences in the near-infrared waveband (740-1100 nm) from panicle initiation to heading stage in particular. By the correlation intensity analysis, it indicated that reflectance in blue and near-infrared wavebands were closely correlated to leaf nitrogen content. The highest correlation coefficient was located at 720 nm and 708 nm for the first and the second crops, respectively. The relationship between reflectance and leaf nitrogen at these two wavelengths was best fitted to the curvilinear function, with the determining factors (R^2) of 0.856 (First crop) and 0.550 (Second crop), respectively. The waveband ratios of G/R, NIR/R, NIR/G, and NDVI (normalized difference vegetation index) were curvilinearly distributed during rice growth in both crops with the plateau in the panicle formation stage. The ratios were found higher from the fertilized plants, with NIR/G and NIR/R as better indicators.

Key words : Rice, Nitrogen, Chlorophyll, Spectral characteristics, Waveband ratio, Vegetation index.

---

1. Contribution No.2099 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by March 23, 2002.
2. Assistant and agronomist, Department of Agronomy; assistant researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 15～24 (2002)

氣象因子對盤固草產量之影響分析[1]

張芳銘[2] 楊純明[2,5] 洪國源[3] 施意敏[4] 許福星[3] 卜瑞雄[4] 金文蔚[4]

摘要：盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 為臺灣地區栽培最廣的牧草，然其產量與品質變動極劇，受到客觀的氣象環境影響十分深遠。本文研究乃在探討氣象環境對於盤固草生產之影響，嘗試釐清氣象變因與產量關係。根據農委會畜試所新化本所及新竹分所試區所調查之產量和所收集氣象資料統計分析結果，發現盤固草產量無法僅以單一氣象因子高低來解釋各生長季節及不同地點所造成之差異，而係多氣象因子引起的綜合影響，此亦彰顯氣象環境的複雜作用。經以累積每日平均氣溫 (X1)、累積降水量 (X2) 及累積日射量 (X3) 等三氣象變因之直線複回歸深入分析，顯示其與兩地盤固草於1999~2000年生長季節割刈之產量具有合理之複回歸關係，$Y = aX1 + bX2 + cX3 + d$，式中Y為單位面積產量（鮮草產量與乾草產量）。此三項氣象變因對於產量變化的解釋除了新竹乾草產量 ($R^2 = 0.106$) 外，皆有不錯的解釋力 ($R^2 > 0.860$)，惜因各地之割期數過少（新化本所五割期，新竹分所六割期），P值均超過0.05。再以Levene's法將新化及新竹兩地鮮草產量合併分析後，獲得甚佳回歸分析結果，決定係數 (R^2) 達0.854，P值為0.003，顯示此三項氣象參數組成之三變因直線複回歸程式適用於解釋盤固草鮮草產量。

關鍵詞：氣象因子、盤固草、牧草產量、複回歸分析。

前　言

芻料為草食動物的主要日糧，一般以可食性植物（飼料作物）為供應來源，養分不足部分再以精料補充之。泌乳牛羊等即需要均衡的芻料與精料，以維持泌乳及懷孕的營養需求。高品質的芻料，可以增加牛羊攝食量，進而維持動物的健康及增加胎數，乃畜牧之重要考量。優良芻料作物品種通常必須具備下列條件，包括：(1) 產量高、(2) 品質佳、(3) 嗜口性好、及 (4) 易調製成乾草、青貯料或半乾青貯料等特性。農委會畜產試驗所目前已選出的若干優良芻料用作物品種，如狼尾草台畜草一號、二號，蘇丹草台畜草一號，盤固草之A254品系，尼羅草台畜草一號，埃及三葉草卡美種與大埔種，以及臺南區農業改良場及農業試驗所分別育成的青割玉米台南19號、21號與台農三號等，這些作物各有其特性，可供農民依利用方式及當地氣候環境予以適當選植。

臺灣地區位於亞（副）熱帶地域，通常夏季高溫多濕，適合熱帶牧草的栽培生長，尤以禾本科之盤固草、狼尾草及青割玉米為主要栽培牧草[5]。豆科牧草在高溫多濕氣候環境下生長較受限制，所以臺灣少有大面積之栽培[5]。因此，目前國內生產之主要牧草栽植面積較多者有盤固草、狼尾草、青割

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2100號。接受日期：91年3月23日。
2. 本所農藝組助理、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 行政院農委會畜產試驗所副研究員、研究員。臺灣省　臺南縣　新化鎮。
4. 行政院農委會畜產試驗所新竹分所助理研究員、副研究員及助理。臺灣省　新竹市。
5. 通訊作者；電子郵件：cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

玉米、埃及三葉草等，其他如燕麥、蘇丹草、尼羅草、紅骨草（海雀稗）等，或依地區適應性，或因初推廣階段，僅有零星栽植，其中埃及三葉草、燕麥…等歸屬於短期冬季牧草。據此由氣象環境觀點，製作青貯料之青割玉米較適合中南部於秋冬季種植，豆科埃及三葉草適合中部冬作季種植。多年生之高莖狼尾草（台畜草二號）於夏季草產量高，可製作青貯料，然於多雨季節無法適時收割，將因木質化而影響嗜口性。尼羅草台畜草一號形態與盤固草A254類似，但莖稈直立相互遮蔭較少，其全年生長較平均，雨季可製作青貯料，乾季則製作乾草[8, 10]。多年生細莖型之盤固草（A254品系）於春夏季生長快速，每隔6-8週即可收割一次，惟當多雨使無法適期採收時，下部葉片老化乾枯、莖稈黃化，愈晚收割色澤愈不佳且品質愈低劣；於秋冬雨量較少時，植株將不生長，並易感染銹病[1]。

盤固草是臺灣地區主要栽培牧草之一，其栽培面積大於狼尾草、青割玉米及埃及三葉草，在1999年約有栽培面積5,000公頃，平均公頃產量約50公噸，年總產量約25萬公噸[9]。盤固草屬多年生禾本科牧草，性喜高溫多濕及長日照氣候，盛產期為每年5月至10月，每年可收刈3至5次。其生長、產量及品質等均受氣溫、日照及降雨量等氣候因素的影響，尤其夏季牧草生長旺盛時，適逢雨季，對田間機械作業及乾草調製影響很大[8]。盤固草的最低生長溫度為12.3℃，因此秋冬乾旱季節牧草生長停滯，當有露水時則易誘發銹病孢子之繁殖生長，而使植株容易罹患銹病[8]。北部地區的盤固草以每年的四到九月為盛產期，冬季及早春則因溫度較低，盤固草生長停滯；南部地區之盤固草雖亦以夏天生長較速，但因冬季之氣溫尚容許盤固草繼續生長，在灌溉水充裕之處，因氣候乾燥及市場因素反而成為該地區盤固草之主要生產季節[6]。牧草生產之品質與產量係隨著季節、割期等而變，在臺灣地區的生產環境下尤然[1]。因此，盤固草若能適期收割及調製，將有較佳品質，惟其生長環境恰好是在多雨的春、夏季，常因而延遲收割，而其莖稈強韌不齊，切短時機械多磨損且不易均勻是其缺點[3]。

臺灣地區幅員雖然不大，但因各地區耕作制度及季節之差異，牧草生產期縱跨全年，所以品質無法以某單一季節之表現涵蓋[1, 6, 10]。如何視氣象環境之變異機動調節割刈時期獲取最佳的效益，有賴吾人對氣象環境變化規律上的歸納與瞭解。本計畫目的旨在探討氣象環境對於盤固草生產之影響，並試以利用多項氣象變因複回歸程式解釋盤固草鮮草產量，以供盤固草適地適作、栽培管理與決定刈割適期之參考。

材料與方法

本項田間試驗選擇位於臺南縣新化市之行政院農委會畜產試驗所本所（23°04'N, 120°26'E, 海拔31 m）及位於新竹市香山之畜試所新竹分所（24°45'N, 120°54'E, 海拔60 m）兩處之試驗農場進行，包括1999年及2000年之生長季節。新化本所計有1999年夏季、秋季及2000年春季、夏季、秋季等五個生長季，新竹分所則有1999年及2000年之春季、夏季、秋季等六個割期（表1）。參試盤固草品系為現行常用之A254，新化之盤固草牧草地已栽培達十年，新竹之盤固草則已連續栽培三年，土壤質地都是砂質壤土。土壤酸鹼值在新化試區約pH 4.8，新竹試區約pH 5.1，均屬於酸性土壤。試驗場地被規劃成四個重覆試區，新竹分所每一個重複試區25 m^2 (5m × 5m)，新化本所每一重複試區1.2 ha，兩地之試區大小有相當差異。

兩地均依照各別長期使用之施肥方法，且不施用農藥。在新化本所試區，進行本項試驗之前於前期割刈後即施用臺肥一號複合肥料（N : P_2O_5 : K_2O = 20% : 5% : 10%，臺灣肥料公司，高雄市）100 kg ha^{-1}當基肥，以後於每一次生長季節割刈後施用尿素（臺灣肥料公司，高雄市）100 kg ha^{-1}，每二次生長季節割刈後施用磷肥 (P_2O_5) 50 kg ha^{-1}及鉀肥 (K_2O) 75 kg ha^{-1}。在新竹分所試區，進行試驗前施用臺肥一號複合肥料400 kg ha^{-1}、磷肥50 kg ha^{-1}、及鉀肥75 kg ha^{-1}作為基肥，每一生長季節割刈後施用尿素200 kg ha^{-1}。除了天然降水外，牧草試區並未實施人工灌溉。在割刈後之植株生長初期，若發現雜草，即用手拔除以減少雜草對盤固草生長之干擾。

表1. 試驗期間（1999-2000年）於農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所進行之栽培季節

Table 1. List of the growing seasons of pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.) at Hsinchu Branch Station and Hsinhua headquarters of Taiwan Livestock Research Institute during the experimental periods in 1999-2000.

Season	Experimental period	
	Hsinchu	Hsinhua
Spring, 1999	03/01/1999-05/18/1999 (79 days)	N.t.[z]
Summer, 1999	05/19/1999-07/21/1999 (64 days)	06/18/1999-09/02/1999 (77 days)
Fall, 1999	07/22/1999-09/14/1999 (55 days)	09/03/1999-12/10/1999 (99 days)
Spring, 2000	03/17/2000-05/16/2000 (61 days)	03/07/2000-05/04/2000 (59 days)
Summer, 2000	05/17/2000-07/18/2000 (63 days)	05/05/2000-08/19/2000 (107 days)
Fall, 2000	07/19/2000-09/19/2000 (63 days)	08/20/2000-12/18/2000 (121 days)

[z] n.t., not tested.

兩試驗場地均在各生長季節接近開花之前割刈，新竹分所每一重複試區割取1m^{2}小區產量，新化本所每一重複試區則割取3個1m^{2}小區，再取其平均值。兩地皆取四重複試區之均值爲該生長季節小區產量之代表值。割刈適期係依照慣行株高判識法決定之，且均在植株開花前以人工割取小區產量，兩處場地採用相同標準。在鮮草產量稱取後，以70℃烘乾超過72小時後再稱取小區乾物（草）產量。氣象因子之資料收集係直接取自新化本所一級農業氣象測站及新竹分所二級農業氣象測站之測值，由於一級及二級氣象測站所觀測之氣象因子不同，因此本文研究僅以兩氣象站皆有之每日平均氣溫 (Tair)、每日累積日射量 (Rad.)、及每日降水量 (Prec.) 等三項氣象參數進行統計分析，以探討此三項氣象因子對盤固草產量之影響。此三項氣象因子在預備試驗之資料分析上，顯示其與盤固草生產具有較密切之相關，其餘氣象因子中僅日照時數具有較密切之相關。統計分析係利用SAS統計軟體，將兩試驗場地割取之各生長季節小區產量（包括鮮草產量與乾草產量）及上述三項氣象參數進行複回歸分析 (multiple regression analysis) 及t-檢定分析 (t-test)。

結果與討論

目前有關牧草產量與品質的預測研究略嫌不足，尤其品質之估測，尚無法據以有效控制牧草生產，而且文獻上發現之研究幾乎集中於溫帶牧草，如苜蓿、黑麥草、梯牧草等，模式之變因以氣象因子[12, 15, 16, 23]、生育階段、成熟度或品質[13, 14, 16, 19, 24]等爲主，惟即使較廣爲利用的模式亦常於再驗證時出現偏差[16, 25]。盤固草是臺灣地區栽培最廣的牧草，然其產量與品質變動極劇，但除了以株高及收穫期做簡易割取判定依據之外[1, 3]，針對收穫品質與產量預測或估測進行研究者甚少。雖然株高是極易觀測的性狀，目前也被當作盤固草的簡易收穫指標，但其變異較大，其驗證結果顯示準確度低於氣象因子所建立之預測式[7]。

臺灣北部地區的盤固草以每年4~9月爲盛產期，冬季及早春則因溫度較低，盤固草生長停滯。南部地區之盤固草亦以夏天生長較速，但冬季氣溫緩和而容許盤固草繼續生長，在灌溉水充裕之處，因市場因素反成爲該地區盤固草的主要生產季節[6]。然而，同一地點每年各季生長之牧草產量不盡相同，在固定栽培作法下，主要原因可能是氣象環境（如氣溫、雨量、日射量等）變化所致。表2列出本項試驗所調查1999年及2000年在農委會畜試所新化本所及新竹分所得到之產量和所收集氣象資料整理結果，新化本所從1999年6月至2000年12月計有五個割期，新竹從1999年3月至2000年12月共6個割期。以單位面積產量 (kg m^{-2}) 而言，不論鮮重及乾重，同一生長季節（割期）新竹分所單位面積產量都高於新化本所者，而兩場地多以夏季收割產量較高。由於新竹分所試區小於新化本所試區，其管理較爲細緻，此可能爲其產量較優原因之一。又經詳細比較，發現新化本所生產之鮮草產量以1999年夏割最高 (1.86 kg m^{-2})，乾草產量則以2000年秋割最高 (0.69 kg m^{-2})；新竹分所生產之鮮草產量以

表2. 試驗期間（1999-2000年）於農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所分別收集之氣象資料和小區牧草產量

Table 2. Data on climatic factors and forage yields (fresh-based and dry-based) obtained from experimental fields at Hsinhua headquarters and Hsinchu Branch Station of Taiwan Livestock Research Institute during the growing seasons of 1999 and 2000

Growing season	Forage yield (kg m^{-2})	X1= Σ Tair[z] (℃)	X2= Σ Prec.[z] (mm)	X3= Σ Rad.[z] MJ m^{-2}
Hsinhua				
Summer,1999	1.86 (Fresh) 0.68 (Dry)	2101.4 (27.3)[y]	1565.0 (20.3)	802.4 (10.4)
Fall,1999	1.16 (Fresh) 0.46 (Dry)	2412.1 (24.4)	269.0 (2.7)	919.8 (9.3)
Spring,2000	1.12 (Fresh) 0.30 (Dry)	1334.0 (22.6)	112.5 (1.9)	646.0 (10.9)
Summer,2000	1.48 (Fresh) 0.58 (Dry)	2919.3 (27.3)	1310.5 (12.2)	1272.9 (11.9)
Fall,2000	1.68 (Fresh) 0.69 (Dry)	2790.1 (23.1)	590.5 (4.9)	1085.2 (9.0)
Hsinchu				
Spring,1999	2.72 (Fresh) 0.81 (Dry)	1706.8 (21.6)	343.6 (4.3)	767.9 (9.7)
Summer,1999	3.14 (Fresh) 1.01 (Dry)	1841.8 (28.8)	468.5 (7.3)	943.1 (14.7)
Fall,1999	2.83 (Fresh) 1.51 (Dry)	1658.6 (30.2)	182.3 (3.3)	862.7 (15.7)
Spring,2000	2.64 (Fresh) 0.62 (Dry)	1310.5 (21.5)	318.7 (5.2)	604.8 (9.9)
Summer,2000	3.26 (Fresh) 0.80 (Dry)	1808.4 (28.7)	117.0 (1.9)	1019.0 (16.2)
Fall,2000	2.70 (Fresh) 0.77 (Dry)	1820.4 (28.9)	247.1 (3.9)	901.4 (14.3)

[y] Mean daily figure across growing season.

[z] Σ Tair: accumulated daily mean air temperature; Σ Prec.: accumulated precipitation; Σ Rad.: accumulated solar radiation.

2000年夏割最高 (3.26 kg m^{-2})，乾草產量則以1999年秋割最高 (1.51 kg m^{-2})。

在所收集之氣象因子方面，累積氣溫於相同割期新化本所多高於新竹分所者（除2000年春割之外)，而兩場地以夏、秋兩割期之累積溫度較高。再細分比較時，新化本所以2000年夏割最高 (2919.3℃)，其次爲2000年秋割 (2790.1℃) 及1999年秋割 (2412.1℃)；新竹分所以1999年夏割最高 (1841.8℃)，其次爲2000年秋割 (1820.4℃) 及2000年夏割 (1808.4℃)。由累積降水量比較，同一割期兩地降水不一。予細分比較時，新化本所以1999年夏割累積雨量最高 (1565 mm)，2000年夏割 (1310.5 mm)次之。新竹分所以1999年夏割最高 (468.5 mm)，1999年春割 (343.6 mm) 次之。累積日照輻射量（日射量）以新化本所者略高於新竹分所者，其中新化本所以2000年夏割最高 (1272.9 MJ m^{-2})，2000年秋割 (1085.2 MJ m^{-2}) 次之。新竹分所以2000年夏割最高 (1019.0 MJ m^{-2})，1999年夏割 (943.1 MJ m^{-2}) 次之。若比較各割期所調查氣象因子之季節平均值（累積值除以生長季節天數），在相同割期新竹分所測得之

氣溫及日射量多高於新化本所測值（2000年春季除外），降水量則不一。顯然的，無論在新化本所或新竹分所試區，盤固草產量無法僅以單一氣象因子高低來解釋各生長季節及不同地點造成之差異，而係多氣象因子引起的綜合影響，此亦顯示氣象環境的複雜作用。

繼由圖1及圖2回歸分析結果，再彰顯出生長期間之累積每日平均氣溫 (accumulated main daily air temperature)、累積降水量 (accumulated precipitation) 及累積日射量 (accumulated solar radiation) 對盤固草生產之影響並非單純的線性趨勢，而係複雜的曲線相關，二次曲線回歸尚且不能適切的描繪出氣象因子與產量之關係。同時，單一氣象變因對產量之影響在新化與新竹地區並不一致，顯示兩地各有其複雜的氣象效應，於是乃以三變因之直線複回歸繼續深入分析。Frank and Hofmann[18]指稱，五種禾草之生長與其有效積溫呈線性回歸或曲線回歸關係，呈線性回歸者為 prairie junegrass (*Koeleria pyramidata*)、green needegrass (*Stipa viridual*) 及 needle and thread (*Pascopyrum simthii*)，而呈曲線相關者為 Blue grama (*Bouteloua gracilis*) 及 western weatgrass (*Pascopyrum smithii*)。根據這些關係可用來預測進行放牧的時期，同時也做為該等牧草生產之制度參考[8]。

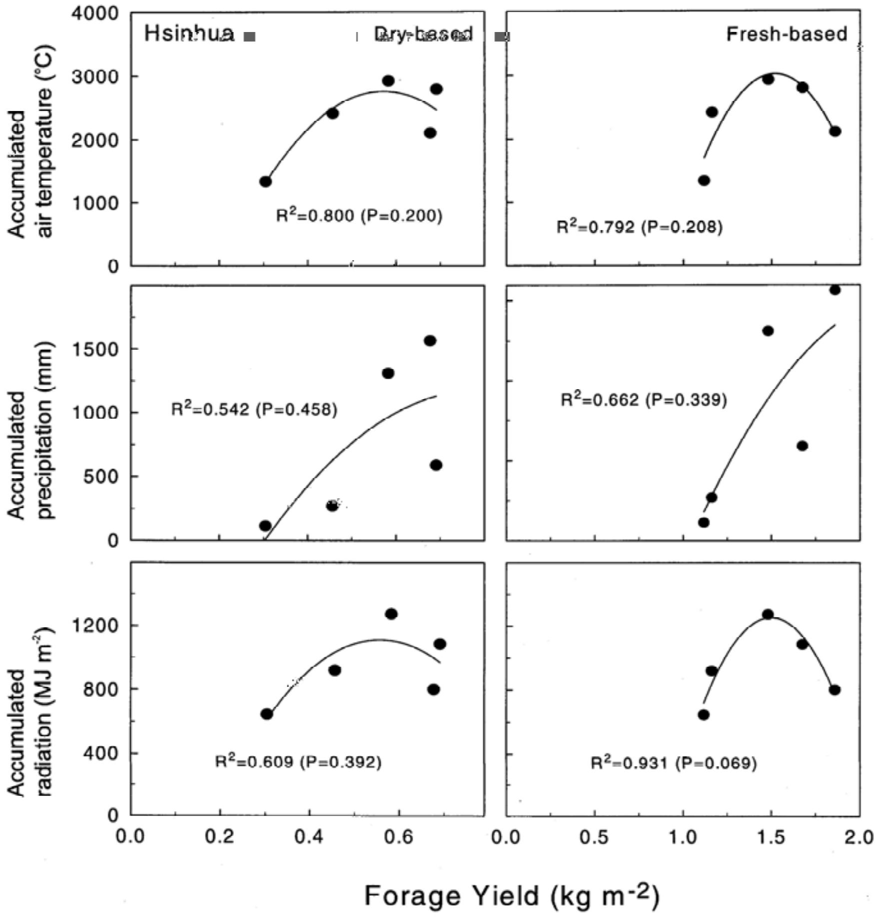


圖1. 氣象變因與新化地區盤固草牧草產量之相關。

Fig.1. Forage yield of pangolagrass in response to changes of climatic factors during the growing seasons of 1999-2000 at Hsinhua headquarters of Taiwan Livestock Research Institute.

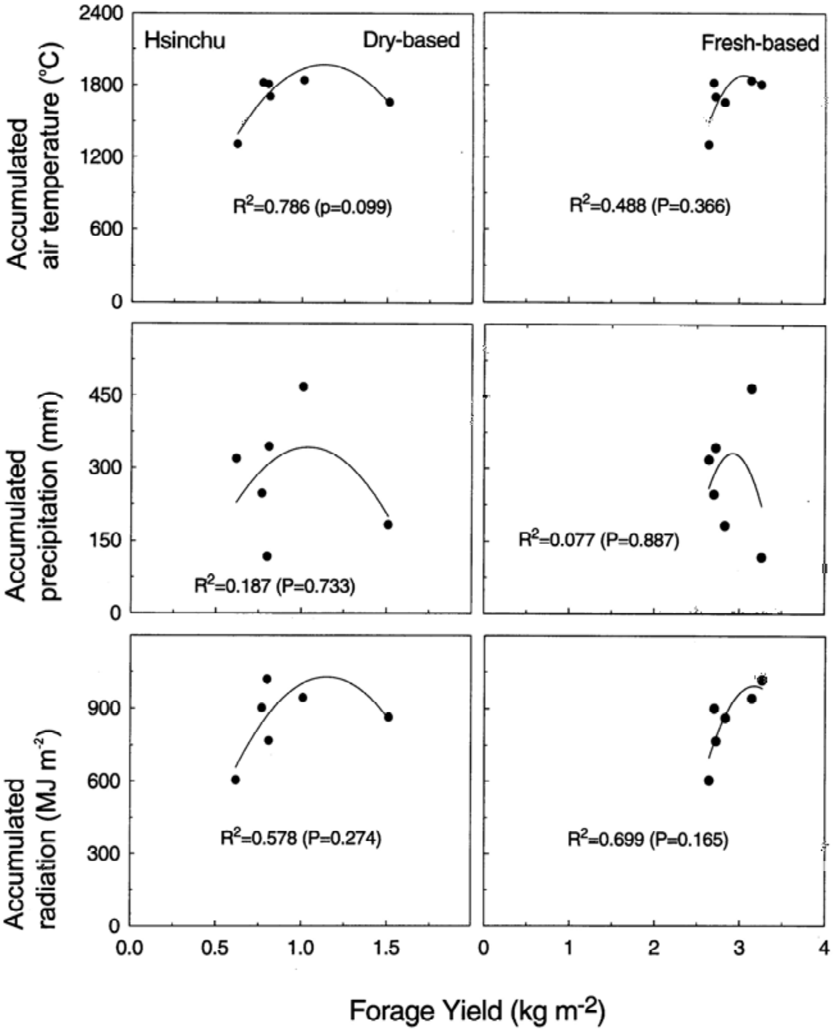


圖2. 氣象變因與新竹地區盤固草牧草產量之相關。

Fig.2. Forage yield of pangolagrass in response to changes of climatic factors during the growing seasons of 1999-2000 at Hsinchu Branch Station of Taiwan Livestock Research Institute.

表3即爲新化及新竹兩地之盤固草於1999~2000年生長季節割刈之產量與累積每日平均氣溫、降水量及日射量間求得之直線複回歸關係，表中式Y = aX1 + bX2 + cX3 + d之Y爲單位面積產量（鮮草產量與乾草產量），X1爲累積氣溫、X2爲累積降水量、及X3爲累積日射量。這三項氣象變因對於產量變化的解釋除了新竹乾草產量 ($R^2 = 0.106$) 外，皆有不錯的解釋力 ($R^2 > 0.860$)，惜因各地點之割期數過少（新化本所五割期，新竹分所六割期），P值均超過0.05。許等[8]亦指出有效積溫、累積降雨量及日射量等氣象資料可以估算盤固草乾草產量。本研究再以Levene's法將新化及新竹兩地鮮草產量原始資料轉換成平均值的絕對偏差後，以t-檢定 (t-test) 對兩樣本的平均偏差進行差異性顯著性測驗[4]，1998)，結果如表4，顯示新化及新竹兩地試驗數據具有機差變方之均質性。因此，乃將兩地鮮草產量

表3. 農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所之小區牧草產量與氣象變因之複回歸分析結果

Table 3. Summary of multiple regression analyses for relationships between forage yields (fresh-based and dry-based) and climatic factors [accumulation of daily mean air temperature (X1), precipitation (X2) and solar radiation (X3)]

Forage yield(kg m^{-2})	Y=aX1+bX2+cX3+d					
	d	a	b	c	R^2	P
Hsinhua						
Fresh-based	-0.3496	-0.0005	-0.0007	0.0034	0.943	0.302
Dry-based	0.2285	0.0004	0.0001	-0.0008	0.862	0.462
Hsinchu						
Fresh-based	2.3179	-0.0017	0.0009	0.0038	0.874	0.183
Dry-based	0.5986	-0.0003	-0.0001	0.0010	0.106	0.965
Pooled						
Fresh-based	1.9573	0.0006	-0.0024	0.0005	0.854	0.003

資料予以合併分析，增加分析之樣本數。統計分析結果甚佳，決定係數 (R^2) 達0.854，P值爲0.003 (表3)。由此可知，累積每日平均氣溫、累積降水量及累積日射量等三項氣象參數組成之三變因直線複回歸程式適用於解釋盤固草鮮草產量。此一統計分析結果亦佐證如果再增加試驗調查割期次數，應可降低P值，彰顯回歸程式之適用性。另氣象因子對於新竹分所之乾草產量變異的解釋力如此低下，除了可能的取樣誤差之外，在乾燥調製過程亦可能有疏失。

在ryegrass[21, 22]及cocksfoot、paspalum[22]的研究上，試驗結果指出59至83°F氣溫範圍增溫並不增加產量，但若同時提高氣溫及日照時間將使牧草生長速率加快。一般而言，土壤溫度在42°F以上牧草即可生長，若遇缺水，高溫反而將抑制牧草生長[20]。Machusky and Holems[20]又指出，牧草在5、6月間葉莖比較低，致使粗蛋白質含量降低，從高溫高濕之晚夏至初秋則生長迅速而使葉莖比增加且使粗蛋白質含量升高，迨開花後之冷涼繁殖期則生長迅速降低且粗蛋白質含量快速下降、纖維含量大幅增加，加上木質纖維含量高而使牧草消化率下降。由此可知，氣象環境的變化不僅改變生長速率，並將影響牧草品質，應予密切關注。

綜合本試驗結果，顯示累積每日平均氣溫、降水量及日射量等三項氣象變因可以大致解釋新化及新竹兩地盤固草的生產，盤固草的產量受到此三項氣象因子作用，單一氣象因子無法決定其生產。本項試驗所在之新化及新竹兩地，新竹地區的氣候特徵爲雨量充沛，全年雨量分布均勻，無顯著乾季。

表4. 農委會畜產試驗所新化總所及新竹分所之小區牧草鮮產量合併資料t-檢定結果

Table 4. The results of t-test using Levene's method for pooled data of fresh-based forage yield

Item	Hsinhua	Hsinchu
Mean	0.25530	0.21220
Variance	0.02160	0.01198
N	5	6
Pooled data		
Pooled variance	0.01626	
df	9	
t-test	0.55824	
P(T<=t) one tailed	0.29515	
$t_{0.05,9}$	1.83311	
P(T<=t) two tailed	0.59029	
$t_{0.05/2,9}$	2.26216	

且夏季通常高溫強光照多雨，使牧草生長迅速，產草量豐富。而每屆冬季時，由於氣溫甚低不適熱帶多年生盤固草生長，致使牧草生長趨緩或停滯。新化地區的氣候特徵則爲乾、雨兩季明顯，乾季（冬季）恆長6-8個月，降水量多集中佔全年雨量80-90％之雨季（夏季），且夏季降水常爲陣雨型式。本區如能於溫暖的冬季進行灌溉，牧草可大量生產，而勿需於夏季盛產期儲備乾草。又卜[6]報告指出，屬於C4型植物的盤固草長期生長於乾旱或土壤水分過於濕潤狀態下，皆不利於生長。因此，氣溫與日照之外，降水量或土壤含水量亦爲生長影響因素，降水量不足或過度均屬不宜。由於影響盤固草之氣象因子變化難料，加上各項因子並非獨立，在全球氣候快速變遷趨勢下從事盤固草生產，確實不易獲得穩定的產量與品質，欲準確估測或預測實有困難。因此，未來包括盤固草在內的農作物生產策略，除了遵循適時適地適作原則之外，當加強農業氣象試驗研究並定期更新氣象觀測軟硬體，才能適時掌握氣象的週期變化應用於農業生產。

誌　謝

本文研究承蒙行政院農業委員會計畫經費（89科技-1.9-糧-01(1-5)）補助，特以致謝。

引用文獻

1. 卜瑞雄。1996。土壤水分含量對盤故草產量與成分之影響。畜產研究29(2): 123~128。
2. 卜瑞雄、施意敏、陳吉斌、陳茂墻。1993。不同割期對盤固草產量、化學成分及營養價值之影響。中畜會誌22: 373~386。
3. 李春芳、卜瑞雄、施意敏、陳茂墻。1991。盤固草A254 (*Digitaria decumbens*, A254) 不同生育期之營養價值。畜產研究27: 285~292。
4. 呂椿棠、呂秀英。1998。綜合變方分析的正確使用。科學農業46(3,4): 146~155。
5. 林路拾。1990。台灣牧草推廣之現況。台灣牧草研究及研討會專輯pp.27~32。台南縣。
6. 陳嘉昇、成游貴、黃耀興、張溪泉、陳文。1997。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及粗蛋白質影響因素之探討：季節、地區、基因型之相對效應。畜產研究30(3): 237~249。
7. 陳嘉昇、成游貴、王紓愍、顏素芬。2000。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及粗蛋白質含量的預測。畜產研究33(1): 25~36。
8. 許福星、洪國源、鄭俊哲。1996。氣象因子及灌溉對盤固草生產力及乾草品質之影響。中華農業氣象3(4): 209~215。
9. 農業統計年報。1999。p.128。行政院農業委員會編印，臺北市。
10. 葉苗田。1976。牧草質量改進與增產。科學農業24(5-6): 236~253。
11. 葉苗田。1990。不同割期對盤固草品系產量及品質之影響。畜產研究23(1): 57~61。
12. Akin,D.E., S.L. Fales, L.L. Rigsby and M.E. Snook. 1987. Temperature effects on leaf anatomy, phenolic acid, and tissue digestibility in tall fescue. Agron. J. 79: 271~275.
13. Buxton, D.R., and G.C. Marten. 1989. Forage quality of plant parts of perennial grasses and relationship to phenology. Crop Sci. 29: 429~435.
14. Chereny, D.J.R., J.H. Chereny and R.F. Lucey. 1993. In vitro digestion kinetic and quality of perennial grasses as influenced by forage maturity. J. Dairy Sci. 76: 790~797.
15. Fales, S.L. 1986. Effects of temperature on fiber concentration, composition, and in vitro digestion kinetics of tall fescue. Agron. J. 78: 963~966.
16. Fick, G.W., and C.G. Jason. 1990. Testing mean stage as a predictor of alfafa forage quality with growth chamber trial. Crop Sci. 30:678~682.
17. Fick, G.W., and D.W. Onstad. 1988. Statistic models for predicting alfafa herbage quality from morphological or weather data. J. Prod. Agric. 1: 160~166.
18. Frank, A.B., and L. Hofmann. 1989. Relationship among grazing management, growing degree-days, and morphological

development for native grasses on the Northern Great Plains. J. Range. Manage. 42:199-202.
19. Llamas-Lamas and D.K. Combs. 1990. Effect of alfalfa maturity on fiber utilization by high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 73: 1069~1080.
20. Maclusky, D.S., and W. Holmes. 1963. Animal Health, Production and Pasture. p.30. Chapter II. Grass and Management. Worden et al., eds. Longmans, New York.
21. Mitchell. K. J. 1954. The Growth of Pasture Species. 1. Short Rotational and Perennial Rye Grass. New. Zealand. J. Sci. Tech (A)36: 193.
22. Mitchell. K. J. 1955. The Growth of Pasture Species. 2. Perennial Rye Grass, Cocksfoat and Pasplaum. New Zealand J. Sci. Tech (A) 37: 8.
23. Onsstard, D.W., and G.W. Fick.1983. Predicting crude protein, *in vitro* true digestibility, and leaf proportion in alfafa herbage. Crop Sci. 23: 961~964.
24. Reid, J.T., W. K. Kennedy, K.L. Turk, S.T. Slack, G. W. Trimberger and R. P. Murphy. 1959. Effect of growth stage, chemical composition, and physical properties upon the nutritive value of forage. J. Dairy Sci. 42: 576~571.
25. Sanderson, M.A. 1992. Predictor of alfafa quality: Validation with field data. Crop Sci. 32: 245~250.

Analysis of Climatic Factors on Forage Yield of Pangolagrass [1]

Fang-Ming Chang[2], Chwen-Ming Yang[2, 5], Kuo-Yuan Hong[3], Yih-Min Shy[4], Fu-Hsing Hsu[3], Ruey-Hsiung Buu[4] and Wen-Wei King[4]

Summary

Pangolagrass (*Digitarium decumbens* Stent.) is one of the major forage crops cultivated in Taiwan. Both forage yield and quality of this crop are greatly affected by the fluctuations of climatic environment. The objectives of this study were to investigate the influence of climatic factors on forage yield of pangolagrass and to determine the relationships between the climatic variables and forage yield. Field experiments were carried out in the experimental fields at Hsinhua headquartes and Hsinchu Branch Station of Taiwan Livestock Research Institute during the growing seasons of 1999-2000. Data of forage yields from each plots and climatic factors (i.e., daily mean air temperature, daily precipitation, and daily irradiance) of each growing seasons were collected for analyses. The results indicated that forage yield of pangolagrass was not determined by single climatic factor but by the complex interactions of climatic factors in both sites. By multiple regression analysis, it was shown that forage yield could be expressed in a multiple linear regression equation: Y=aX1+bX2+cX3+d, where Y is forage yield (fresh-based and dry-based) of small plot (kg m^{-2}), X1 is the accumulated daily mean air temperature, X2 is the accumulated daily precipitation, and X3 is the accumulated daily irradiance. The constants a, b, c, and d are site and season specific respectively. Except the dry-based yield from Hsinchu (R^2 = 0.106), the coefficients of determination (R^2) were all greater than 0.860. Due to the limited numbers of cutting (5 cuts from Hsinhua and 6 cuts from Hsinchu) for statistical analysis, the P value was all larger than 0.05. As the fresh-forage yields from two sites passed the t-test, data were pooled for further analysis. It showed that the determination coefficient reached 0.854 with the P value of 0.003.

Key words ： Climatic factors, Pangolagrass, Forage yield, Multiple regression analysis.

---

1. Contribution No.2100 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agricutlture. Accepted by March 23, 2002.
2. Respectively, Research Assistant and Agronomist, Department of Agronomy, TARI, wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Associate Research Fellow and Research Fellow, Department of Forage Crops, Taiwan Livestock Research Institute, Hsinhua, Taiwnan, Taiwan, ROC.
4. Respectively, Assistant Research Fellow, Associate Research Fellow and Research Assistant, Department of Forage Crops, Hsinchu Branch station, Taiwan Livestock Research Institute, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, E-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23302806.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 25～32 (2002)

臺灣原生山櫻花的需冷量評估[1]

歐錫坤[2,3]　陳琦玲[2]

摘要：臺灣原生山櫻花分布於全島500～2000公尺的闊葉林，其低溫需求量的評估是比較霧峰地區1996年至2001年六年來四個「桃樹關鍵栽培種」('Flordared'、'Premier'、'TropicSweet' 及 'TropicSnow' 等）與山櫻花間的花期早晚次序，再利用台灣需冷模式與三個國外需冷模式（即低於12.9℃的小時數、低需冷油桃模式與猶他低溫單位模式等三種）進行低溫感應起始日至休眠完成期與至盛花期兩個時段的需冷量評估。各關鍵栽培種經國外採用的三種不同低溫模式計算從感應低溫起始日至休眠完成或至盛花期，所得需冷量皆大都偏低很多，呈現冬天低溫不足的現象，其中 < 12.9℃小時數模式所評估的需冷量則呈現偏高現象。經採用臺灣開發的低需冷模式 (RCD)，評估結果皆較其他國外三個模式精確，對原生山櫻花完成休眠所需的需冷量評估爲190 CU。

關鍵詞：山櫻花、桃關鍵栽培種、需冷量、完成休眠期、盛花期、台灣需冷模式。

前　言

山櫻花 (*Prunus campanulata* Maxim) 又名緋櫻、山櫻桃，主要分布於中國南部、琉球、日本及臺灣等地。臺灣山櫻花的生長與分布遍及全省海拔500～2,000公尺間的闊葉林[(2)]，在臺北陽明山、新竹、南投、溪頭、屏東及臺東皆有山櫻花的蹤跡。

據臺灣植物誌的描述：山櫻花屬於小喬木，可高至10公尺。葉片形態呈卵圓形至倒卵圓形～橢圓形，長4～10公分，寬2～4公分，頂端呈尖形，基部圓形。花先葉開放，常3～5簇生於葉腋，下垂，花瓣卵圓形共5片，緋紅色 (Red purple)，長8mm，寬7mm，微凹。果實卵形，紅色，長1.5公分[(2)]。

山櫻花在自然界中經長期演化，產生了不少變種，最著名的就是重瓣山櫻花 (*P. campanulata* Maxin cv. polypetalous)，重瓣種不會結種子。此外尚有紅色濃淡不同的諸多變異，以及花期早晚，耐寒及耐熱性之不同單株出現[(1)]。

據臺灣植物誌記載，梅屬 (*Prunus* L.) 植物全世界超過200多種 (Species)，主要分布在北溫帶地區，其中分佈臺灣的原生梅屬植物共有11種，其中臺灣原生櫻花就佔了6種，除山櫻花外，尙有原生的蘭嶼野櫻花 (*P. grisea* Kalkm)，太平山櫻花 (*P. matuurai* Sasaki)，霧社櫻花 (*P. taiwaniana* Hayata)，山白櫻 (*P. takasagomontana* Sasaki) 及阿里山櫻花 (*P. transarisanensis* Hayata) 等五種[(2)]。

基於同一地區不同落葉果樹對臨界低溫的感應是相同的理念，本研究謹從1996～2000年就農試所花卉研究室（海拔85公尺）多年來所收集的台灣原生山櫻花爲供試材料，利用一系列的桃樹關鍵栽培

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第2101號。接受日期：91年1月11日。
2. 本所園藝組研究員兼主任與農化助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者；電子郵件：skou@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23399544。

種 (Key cultivars) 來評估臺灣原生山櫻花的低溫需求量，並以臺灣自行開發的低溫需求電腦模式[9]，更精確地評估原生山櫻花的需冷量，以建立此一原生梅屬植物的基本性狀資料，提供原生種原的評估、利用、交換與「適地適種」的基本資料。

材料與方法

利用已知需冷量的桃關鍵栽培種花期早晚來評估原生山櫻花的需冷量

本試驗所採用的材料爲農試所桃樹品種保存園所栽植的一系列不同需冷量的桃樹如：'Flordagold' 325CU（Chill unit，低溫單位，簡稱CU），'TropicSnow' 200CU，'TropicSweet' 175CU，'台農甜蜜' ('Premier') 150CU，以及 'Flordared' 100CU等爲「關鍵栽培種」。利用這些關鍵栽培種的始花期（大於5%花朵開放）與盛花期（60%以上的花朵開放）[3,4,7]的花期早晚，推估臺灣原生山櫻花（圖1）的低溫單位。

圖1. 台灣山櫻花花下垂、單生或簇生，花瓣卵圓形5片，緋紅色。

Fig. 1 *Prunus companulata*, flowers pendulous, solitary or few-corymbose, petals ovate, red purple.

桃關鍵栽培種與山櫻花供試品種每年約在12月上、中旬同時完成多季整枝修剪，然後噴石灰硫磺20-40倍，7天後再噴夏油（30倍），比多農（5,000倍）及丁基加保扶（1,200倍），來進行冬季落葉時期病蟲害的防治。從1996～2001年間，每年從12月間開始開花時，每隔7天以計數器調查一次桃關鍵栽培種與待測CU值的山櫻花開花數與結果數，至花期結束爲止，每一供試品種調查4株，並取其平均值。

利用國外現有模式評估臺灣山櫻花的需冷量

栽培種低溫需求量的估算，首先得確定桃樹與山櫻花開始感應低溫的日期，然後以此爲起點，以各不同栽培種的完成休眠期或盛花期爲終點，來計算山櫻花在臺灣中部平地生長環境下低溫的累積量，分三個不同模式進行。

從11月上旬起開始感應低溫的日期[5,11]起至盛花期，記錄每天24小時的溫度變化，並分別評估低溫感應起始日至完成休眠（本試驗以始花期的前一星期爲完成休眠期，RCD），及低溫感應起始日至盛花期（60%以上的花朵開放，FBD）兩個時段的低溫需求量，並以下列所述之模式，分別加以運算，評估各種模式的適用性，以期精確地估算山櫻花的需冷量。

累計低於12.9℃的小時數探討桃關鍵栽培種與待測山櫻花的累積低溫時數 (Accumulated chilling

hours)：以Gurdian與Bigges[10]，Sharp[16]所採用的12.8℃爲臨界點（包括12.8℃），從1991～2001年共十一年間計算桃關鍵栽培種與山櫻花六年來（1996～2001年）感應低溫日起[3]至完成休眠期或盛花期所累積的低溫小時數（需冷量）。

採用國外油桃低需冷模式評估關鍵栽培種與待測山櫻花的CU值：據Gilreath與Buchanan (1981) 的低需冷模式對供試材料進行需冷量評估[9]，從1996年～2001年連續六年進行評估。

採用國外高需冷模式評估關鍵栽培種與待測山櫻花的CU值：以Richardson等人 (1974) 在美國猶他州所採用的高需冷模式[11]，連續六年（1996～2001年）評估山櫻花的需冷量。

採用新開發的臺灣需冷模式評估山櫻花的需冷量

自1996年至2001年本所連續六年桃關鍵栽培種與待評估山櫻花的休眠完成期與盛花期，並配合每年11月初～翌年3月底的每小時平均氣溫資料，以臺灣需冷模式評估山櫻花的需冷量[5]。

結果與討論

利用桃樹關鍵栽培種的盛花期早晚評估原生山櫻花的需冷量

本試驗所採用一系列不同需冷量的桃「關鍵栽培種」其低溫單位分別爲100 CU，150 CU，175 CU，200 CU及325 CU等，由於低溫單位的差異，休眠程度的深淺也就不同，導致花期的表現亦不一致。表1顯示1996年‘山櫻花’的花期可持續40～50天之久，其始花期爲1月24日，盛花期爲2月1日，與‘Flordared’ (100 CU) 及‘TropicSnow’ (200 CU)的盛花期重疊，此一評估値略高於100 CU（表1）。此法由於關鍵栽培種需冷量超過175CU與200 CU的實測花期規則性不如預期，造成該年（其它年份也常有此一現象）評估結果不盡理想爲其缺點，臺灣梅樹需冷量的評估亦同[4]。由於‘Flordagold’ (325CU) 的花期規則性並不理想，故於1996年以後將其剔除，不再列入關鍵栽培種。但美國佛州大學Sherman、德州農工大學Dr. Rouse與Dr. Byrne等專家也是採用此法來評估新品種的需冷量[7, 8, 13, 14, 17, 18]。因此本試驗依累積六年的調查結果，並配合冬季氣象資料，以臺灣需冷模式進行電腦評估，可更精確地評估需冷量。

由花期調查資料顯示有些年份如1997年桃供試品種的花期可達2個半月以上[5]，但Sherman與Rodriguez-A (1987) 認爲桃樹在高緯度地區都能在冬天滿足其低溫需求，故開花甚整齊，花期通常集中在3～5天之內開放[17]，與臺灣的開花情形相差很大。

採用國外現有低溫模式評估山櫻花的需冷量

累積低於12.9℃的小時數探討桃關鍵栽培種與待測山櫻花所需的低溫時數：由於本試驗的基本理念是比較“待測需冷量”的原生山櫻花盛花期與“關鍵栽培種”的盛花期來評估本地種桃樹的需冷量，因此採用低溫感應起始日至盛花期（Full bloom date, FBD，60%以上開花）所累積低於12.9℃之小時數來評估各供試品種的需冷量。但在學理上是採用低溫感應起始日至完成休眠期（Rest completion date, RCD，本研究採用始花期前的一星期）所累積低於12.9℃之小時數來評估需冷量，爲了實際調查的需要與學理的驗證，本試驗採用這兩個時段來探討山櫻花的需冷量。

依Sharpe (1969) 採用的臨界溫度12.8℃來評估桃冬天的累計低溫小時數[17]，自1991~1997年間各關鍵栽培種桃樹的平均低溫累計小時數，以低溫感應起始日至完成休眠期所累積的低溫時數，較以低溫感應起始日至盛花期所累積的低溫時數更接近關鍵栽培種的需冷量，但所得數値與關鍵栽培種之間尙有些出入。如‘Flordared’、‘TropicSweet’及‘TropicSnow’所得RCD評估値皆有低估現象，只有‘Premier’是吻合的；至於FBD所有關鍵栽培種皆呈高估現象（詳見表2），山櫻花所評估的結果從低溫感應起始日至RCD共累積202.2小時，若至FBD則累積達286.8小時。

採用國外油桃低需冷模式來評估關鍵栽培種與待測山櫻花的低溫單位：據Gilreath與Buchanan (1981) 的低需冷模式對供試材料進行需冷量評估[9]，從1991～2001年連續十一年間的評估結果（詳見

表1. 1995～1996年利用已知低溫需求單位的桃關鍵栽培種花期早晚決定山櫻花待測栽培種的低溫需求單位

Table 1. Determination of chill units for unknown units of *P. companulata* trees based on relative order and blooming dates of known peach "key cultivars" at Wu-feng, Taichung, Taiwan in 1995~1996

Key cultivar	Estimated chill units	Blooming date and number of opening flowers [z]										
		1995	1996									
		12/29	1/5	1/12	1/19	1/26	2/2	2/8	2/15	2/23	2/29	3/7
Flordared	100	15	37.5[y]	114	187.5	231.5	329[x]	493	298.5	366.5		
					(22.5)	(38)	(62)	(143.5)	(119.5)	(299.5)		
Premier	150	1	2	6	67[y]	76.5	135	159	289.5[x]	421.5	378.5	327.5
					(1)	(4)	(6.5)	(20.5)	(55)	(147.5)	(145.5)	(258.5)
TropicSweet	175	5	17[y]	27	37.5	80.5	119	201[x]	236.5	226	207.5	
					(6.5)	(22.5)	(49)	(57)	(72.5)	(119)	(156)	
TropicSnow	200	24	62.5[y]	141.5	301	366	603[x]	666	701.5	619		
					(14)	(24.5)	(144)	(164)	(262.5)	(378.5)		
Flordagold	325			1.5	13.5[y]	20	30.5	44.5	57	105.5[x]	130.5	86
								(6)	(9)	(21)	(38)	(30.5)
Evaluated CU for unknown units of *P. companulata*		1995	1996									
		12/29	1/5	1/12	1/19	1/26	2/2	2/8	2/15	2/23	2/29	3/7
					79	877[y]	2454.8[x]	3396.5	2219	2761.8		
								(96.3)	(344.3)	(1483.3)		

[z] Each value is the mean of 4 trees.

[y] Start bloom: more than 5% of flowers open, number of fruit setting given in the parenthesis.

[x] Full bloom: 60-80% flowers open.

表2. 臺中霧峰地區桃樹關鍵栽培種與山櫻花低於12.9℃的累計低溫時數

Table 2. Accumulated chilling hours by hours below 12.9℃ for various peach cultivars and *P. campanulata* planted at Wu-feng, Taichung, Taiwan

Cultivar	1995/1996		1996/1997		1997/1998		1998/1999		1999/2000		2000/2001		Mean	
	RCD[z]	FBD[y]	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD
Flordared (100)[x]	233	436	187	286	26	66	18	105	117	129	0	18	86.6[w]	232.5[w]
Premier (150)	380	535	187	295	26	38	18	105	117	151	0	31	154.5[w]	253.0[w]
TropicSweet (175)	233	489	80	295	29	38	31	105	117	129	0	18	127.1[w]	218.8[w]
TropicSnow (200)	233	436	125	295	26	38	31	105	129	196	0	31	112.4[w]	234.1[w]
P. campanulata	388	421	234	288	142	226	82	226	165	273	0	0	202.2	286.8

[z] RCD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to rest completion date.

[y] FBD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to full bloom date.

[x] The value in the parenthesis is a chill unit of key cultivar.

[w] The value of key cultivars is the means from 1991 to 2001.

表3)，若以RCD的評估結果而言，各關鍵栽培種的需冷量皆低估很多，皆呈現負值。但以FBD的評估結果而言，僅有 'Flordared' 一個關鍵栽培種的需冷量係吻合的（表3)。需冷量較高，盛花期較晚的 'TropicSnow' (200 CU) 累積的CU值，RCD爲-96.9 CU，FBD爲73.4 CU （表3)，反而比需冷量較低盛花期較早的 'TropicSweet' (175 CU)短少（RCD爲–22.3 CU，FBD爲100.2 CU)，可見用此低需冷量模式，在臺灣冬天溫暖的氣候下，並不適用於臺灣地區，台灣自行開發的需冷模式也有此一現象。

表3. 臺中霧峰地區桃樹各關鍵栽培種與山櫻花以Gilreath與Buchanan的油桃低需冷模式所評估的低溫單位

Table 3. Estimated chill units by low-chill model developed by Gilreath and Buchanan for various peach cultivars and *P. campanulata* planted at Wu-feng, Taichung, Taiwan

Cultivar	1995/1996		1996/1997		1997/1998		1998/1999		1999/2000		2000/2001		Mean	
	RCD[z]	FBD[y]	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD
Flordared (100)[x]	-10.0	231.5	169.0	436.0	10.0	-2.0	-98.0	50.5	-108.0	-135.5	-233.0	-234.5	-109.0[w]	104.8[w]
Premier (150)	116.5	287.0	169.0	379.0	10.0	-56.0	-98.0	15.5	-108.0	-91.0	-233.0	-246.5	-31.2[w]	123.9[w]
TropicSweet (175)	-10.0	283.5	-3.0	436.0	2.5	-56.0	-69.5	50.5	-108.0	-135.5	-233.0	-234.5	-22.3[w]	100.2[w]
TropicSnow (200)	-10.0	231.5	85.5	379.0	10.0	-56.0	-69.5	83.0	-103.0	-29.5	-233.0	-246.5	-96.9[w]	73.4[w]
P. campanulata	122.5	213.0	256.5	446.5	103.0	218.0	29.5	113.0	-72.5	116.5	0	0	87.8	221.4

[z] RCD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to rest completion date.

[y] FBD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to full bloom date.

[x] The value in the parenthesis is a chill unit of key cultivar.

[w] The value of key cultivars is the means from 1991 to 2001.

Ashcroft等人 (1977) 認爲需冷量與需熱量的評估至少需要六年以上的數據[6]，更有學者認爲精確的決定需冷量，需在不同地點比較多年所收集的資料[15]，因爲每一年的氣候變化非常大，如表3中'Flordared' RCD最高可達169 CU (1997)，最低爲–606 CU (1995)，相差至距。再者Richardson等人(1975年)亦發現他們的模式在大陸型氣候下測試結果表現良好，但是在異常的年份 (Exceptional years)，也是表現不佳[12]。可見需冷量的評估工作需多年以上的評估結果，經由電腦模式化所得數據較爲精確。

採用國外高需冷模式來評估關鍵栽培種與待測桃樹的低溫單位：若以Richardson等人 (1974) 在美國猶他州所採用的高需冷模式[11]，則1991～2001十一年間關鍵栽培種 'Flordared'、'Premier'、'TropicSweet' 及 'TropicSnow' 的平均需冷量皆出現嚴重低估的情形（詳見表4），所評估結果平均皆–672.9 CU以上。但是這些關鍵栽培種與待測需冷量的山櫻花還是年年開花結果，可見此一高需冷模式對桃樹需冷量之估算，亦不適用於臺灣冬天的氣候環境。

臺灣新開發的模式對山櫻花需冷量的評估

已知需冷量的桃關鍵栽培種在本所的氣候環境生長下，打破休眠的需冷量十一年來經由各種不同需冷模式的評估結果（表2、3、4）皆顯示這些模式不適用於臺灣。由連續七年的桃樹花期調查與氣溫資料累積，採用試誤法經由330餘萬組的篩選，開發二套臺灣本土化的平地需冷模式。二套模式之

表4. 臺中霧峰地區桃樹各栽培種與山櫻花以Richardson等人的桃樹高需冷模式所評估的低溫單位

Table 4. Estimated chill units by high-chill model developed by Richardson et al. for various peach cultivars and *P. campanulata* planted at Wu-feng, Taichung, Taiwan

Cultivar	1995/1996		1996/1997		1997/1998		1998/1999		1999/2000		2000/2001		Mean	
	RCD[z]	FBD[y]	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD
Flordared (100)[x]	-722.0	-906.0	-637.0	-919.0	-293.5	-699.5	-398.5	-673.5	-617.0	-812.5	-581.5	-776.5	-728.0[w]	-976.9[w]
Premier (150)	-730.5	-994.5	-637.0	-1238.0	-293.5	-635.0	-398.5	-786.5	-617.0	-877.0	-581.5	-869.0	-753.5[w]	-1098.2[w]
TropicSweet (175)	-722.0	-930.5	-448.5	-1120.5	-396.5	-635.0	-470.5	-673.5	-617.0	-812.5	-581.5	-776.5	-672.9[w]	-952.7[w]
TropicSnow (200)	-722.0	-906.0	-626.5	-1238.0	-293.5	-635.0	-470.5	-541.0	-700.5	-919.5	-581.2	-869.0	-804.6[w]	-1090.8[w]
P. campanulata	-787.5	-912.0	-865.5	-940.0	-715.5	-1035.0	-526.5	-988.0	-888.5	-1019.0	0	0	-756.7	-978.8

[z] RCD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to rest completion date.

[y] FBD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to full bloom date.

[x] The value in the parenthesis is a chill unit of key cultivar.

[w] The value of key cultivars is the means from 1991 to 2001.

差別僅在於感溫時期不同，第一套是計算低溫感應起始日至RCD，第二套是計算低溫感應起始日至FBD之低溫單位，以評估桃之需冷量。

第二套模式所根據的理論是美國佛州桃樹育種專家Sherman [17, 18]、德州桃樹育種專家Dr. Rouse [13, 14]、Dr. Byrne [7, 8] 等所採用的需冷量評估方法，即比較關鍵栽培種與待測品種盛花期的早晚，由開花快慢來評比需冷量的多寡，故開發出臺灣以盛花期爲終點的第二套低溫模式，此模式經歷七年收集田間資料，再以電腦模式化處理，從開始感應低溫的日期至盛花期的溫度區間與加權值詳見歐與陳 (2000) 對本地桃樹需冷量的模式化[5]。

桃樹各關鍵栽培種與待測山櫻花，以本所開發出來的模式1、2所評估出來的需冷量詳見表5。評估模式1與模式2之臨界溫度時，所計算之起始點都相同均是低溫感應起始日，但是終止點分別是休眠完成期與盛花期，而始花期至盛花期之間約有二個月的時間（表1），故兩套模式累積的CU值必然不同，模式2的理念雖是本試驗田間調查的主體，應用在打破休眠或完成休眠的定義上較不合適，故以模式1來評估臺灣本地種桃樹的需冷量顯然較合理，應較有理論基礎。

國外判定爲100、150、175及200 CU的四個關鍵栽培種，在臺灣的氣候條件以臺灣開發的二套低溫模式，連續十一年獲得的平均低溫單位如表5，若以模式1 (RCD)來衡量，'Flordared' 與 'Premier' 二個關鍵栽培種打破休眠所需的需冷量各相差24.2 CU與18.4 CU，'TropicSweet' 175 CU與 'TropicSnow' 200 CU則呈現嚴重低估現象（表5）。究其2001年暖冬現象，四個關鍵栽培種的低溫累積量皆爲-24.0 CU，嚴重影響平均評估值，此外關鍵栽培種實測花期CU值越大者，花期並未呈現較晚的現象如表1所示，這也是造成台灣模式未能評估CU值大於150的主要原因之一。本所自行開發的模式1與低於12.9℃模式中RCD所評估結果200小時相近（表2），評估需冷量所得結果較國外學者所開發的模式（表3、4）或模式2更爲精確。基於模式1之估算，臺灣原生山櫻花的平均需冷量約爲190 CU（表5平均值個位數四捨五入）。

表5. 低需冷地區（霧峰）山櫻花以臺灣自行開發的新低需冷模式所評估的低溫單位

Table 5. Estimated chill units by Taiwan chilling model for various peach cultivars and *P. campanulata* planted at Wu-feng, Taichung, Taiwan

Cultivar	1995/1996		1996/1997		1997/1998		1998/1999		1999/2000		2000/2001		Mean	
	RCD[z]	FBD[y]	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD	RCD	FBD
Flordared (100)[x]	150.0	204.0	200.0	134.5	34.5	-8.5	37.0	53.0	65.5	17.0	-24.0	-21.5	75.8[w]	90.7[w]
Premier (150)	262.5	250.0	200.0	140.5	34.5	-17.5	37.0	48.0	65.5	28.5	-24.0	-15.0	131.6[w]	100.0[w]
TropicSweet (175)	150.5	233.0	77.5	141.0	49.5	-17.0	69.5	53.0	65.5	17.0	-24.0	-21.5	114.0[w]	87.3[w]
TropicSnow (200)	150.0	204.0	145.0	140.5	34.5	-17.0	69.5	55.0	89.5	52.5	-24.0	-15.0	99.4[w]	86.4[w]
P. campanulata	279.5	196.0	256.0	136.5	136.0	74.5	128.0	101.5	130.5	96.0	0	0	186.1	120.9

[z] RCD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to rest completion date.

[y] FBD = Accumulated chilling hours from intiation date of chilling to full bloom date.

[x] The value in the parenthesis is a chill unit of key cultivar.

[w] The value of key cultivars is the means from 1991 to 2001.

誌　謝

承蒙國科會多年專題研究計畫經費補助，評估臺灣本地種桃樹需冷量 (NSC-86-2313-B-055-006、NSC-87-2313-B-055-004)，與台灣梅、李需冷量評估 (NSC-88-2313-B-055-010及NSC-89-2313-B-055-006)。本研究雖未經正式提出計畫申請，卻也間接連帶受惠。此外前系主任蕭吉雄博士多年的鼓勵與支持，本系花卉研究室凌千里（已退休）、戴廷恩及丁一慨允提供山櫻花桃爲試驗材料，多年來國科會計畫助理陳玉如、李雪如、謝素玉、劉麗玉及艾慶平等協助調查工作，技工陳耿信、簡振生、劉慶良與林海生等多年的協助果園栽培管理，特表謝忱。

引用文獻

1. 凌千里。1992。臺灣的原生櫻花。台灣省農業試驗所技術服務 12:13-16。

2. 臺灣植物誌編輯委員會。1977。臺灣植物誌，第三卷被子植物群. 82-89頁。現代關係出版社出版。

3. 歐錫坤。1992。臺灣本地種桃樹的低溫需求評估。中華農業研究 41(3): 251-260。

4. 歐錫坤、宋家瑜。1999。臺灣梅樹需冷量評估。中華農業氣象 6(3): 113-118。

5. 歐錫坤、陳琦玲。2000。臺灣本地種桃樹的需冷量評估與模式化開發。中國園藝 46(4): 337-350。

6. Ashcroft, G.L., E.A. Richardson, and S.D. Seeley. 1977. A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees. HortScience 12(4): 347-348.

7. Byrne, D.H., and T.A. Bacon. 1989. Peach cultivar and advanced selection evaluation in the medium-chill region of Texas. Fruit Varieties Journal 43(2): 59-66.

8. Byrne, D.H., and T.A. Bacon. 1991. 'TexRoyal', a medium-chilling peach. HortScience 26(10): 1338-1340.

9. Gilreath, P.R., and D.W Buchanan. 1981. Rest prediction model for low-chilling 'Sungold' nectarine. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 426-429.

10. Gurdian, R.J., and R.H. Bigges. 1964. Effect of low temperatures on terminating bud dormancy of 'Okinawa', 'Flordadawn', 'Flordahome' and 'Nemaguard' peaches. Proc. Fla. State Hort. Soc. 77: 370-379.

11. Richardson, E. A., S.D. Seeley, and D. R. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. HortScience 9: 331-332.

12. Richardson, E.A., S.D. Seeley, and D. R. Walker. 1975. Author's reply. HortScience 10(6): 561-562.

13. Rouse, R. E. 1989. Peach and nectarine for Taxas subtropical lower Rio Grande Valley. Fruit Varieties Journal 43(2): 52-57.

14. Rouse, R. E., and W. B. Sherman. 1987. 'TropicSweet' : A freestone peach for subtropical climates. HortScience 22: 169-170.

15. Saure, M.C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. Horticultural Review 7:240-300.

16. Sharpe, R.H. 1969. Subtropical peach and nectarines. Proc. Fla. State Hort. Soc. 82:302-306.

17. Sherman, W.B., and J. Rodriguze-A. 1987. Breeding of low-chill peach and nectarine for mild winters. HortScience 22(6): 1233-1236.

18. Sherman, W.B., P.M. Lyrene, N.F. Childers, F.G. Gmitter, and P.C. Andersen. 1988. Low-chill peach and nectarine cultivars for trial in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 101:241-244.

Chilling requirement for native *Prunus campanulata* Maxim in Taiwan [1]

Shyi-Kuan Ou[2,3] and Chi-Ling Chen[2]

Summary

Prunus campanulata Maxim. distributed in broad-leaved forests at 500-2000m throughout Taiwan. The chilling requirements for native *P. campanulata* Maxim had been determined by comparing blooming dates with "4 peach key cultivars" ('Flordared', 'Premier', 'TropicSweet', and 'TropicSnow') at Wufeng from 1996 to 2001 for six years. Chilling requirement for key cultivars and *P. Campanulata* Maxim were calculated from the initial date of chilling to rest completion and full bloom by 4 different models which were named the number of hours below 12.9℃, low-chilling nectarine model, Utah chill-unit model, and Taiwan chilling model. The results revealed that the chilling requirements of key cultivars were insufficient during the warm winter at Wufeng. Using the Taiwan chilling model performed a higher degree of accuracy than other 3 foreign ones. The estimated result in terms of chill unit (CU) by Taiwan chilling model was 190 CU for *P. campanulata* Maxim.

Key words：*Prunus companulata*, Peach key cultivar, Chilling requirement, Rest completion date, Full bloom date, Taiwan chilling model.

1. Contribution No.2101 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by January 11, 2002.

2. Senior Horticulturist and Head, Department of Horticulture and Assistant Agricultural Chemist, Department of Agriculture Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, E-mail: skou@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23399544.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 33～42 (2002)

甘藍菜以塑膠密封帳氣調貯藏之研究[1]

黃肇家[2,3]　黃慧穗[2]　蔡金玉[2]

摘要：本省夏天颱風季節常有蔬菜供應不足之問題，爲此每年均有大量甘藍貯藏，但甘藍冷藏壽命只有約2個月，要利用冷藏將3月盛產之甘藍貯藏到颱風季節之可行性不高。氣調貯藏可以延長甘藍貯藏壽命，本研究在冷藏庫內設置塑膠密封帳並控制氣體濃度來貯藏甘藍，自民國85年到87年共測試3年。於3年試驗期間，塑膠氣調帳內氧氣濃度控制於2-6%之間，大部分爲3±1%。二氧化碳濃度通常控制於3-5%之間，大部分爲5±0.5%。乙烯濃度控制於0.1ppm以下。溫度控制較不理想，帳內之溫度通常比帳外高約0.7℃。經3年之試驗得知‘初秋’甘藍之冷藏壽命皆爲2個月左右，影響冷藏壽命較大的因素包括失重率高、整修率高、貯藏後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等。氣調貯藏貯藏壽命約爲4個月，冷藏的一些問題如失重率高、貯後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等，在氣調貯藏皆可有效的改善。其他品質如風味、切口發根之抑制，氣調貯藏比冷藏好一些。腋芽之發生在冷藏及氣調貯藏沒有差異，球莖切口腐爛、球莖空心及葉片產生黑斑在本試驗均無發生，因此未知氣調貯藏是否有較好之控制效果。甘藍氣調貯藏以紙箱或塑膠籃包裝在失重率、整修率或貯後品質均沒有顯著的差異，但以紙箱包裝於氣調貯藏後因紙箱潮溼軟化，搬動容易撕裂，因此以塑膠籃包裝較佳。氣調貯藏中有一部分甘藍切口沾石灰處理，主要的目的是要瞭解沾石灰對球莖切口腐爛的抑制效果，但是在兩次試驗都沒有發生球莖切口腐爛，因此無法得知沾石灰的效果。‘夏峰’甘藍之冷藏壽命也是2個月左右，氣調貯藏3個月品質仍然很好，但因球莖中心變空洞且褐化，使貯藏壽命縮短。

關鍵詞：甘藍菜、氣調貯藏。

前　言

本省夏天颱風季節常有蔬菜供應不足之問題，尤其是葉菜類例如甘藍菜。目前雖可利用高冷地種植或進口來供應，但高冷地之開發會影響水土保持，進口之甘藍品種亦非國人喜愛的‘初秋’種，因此民間每年均有大量甘藍菜冷藏。較理想的方法是在3月平地產甘藍菜仍多，價格尚低時進行貯藏，貯藏到8、9月颱風期或颱風結束時，以減輕夏季甘藍菜短缺之問題。

本省甘藍菜冷藏的研究不少，結果均顯示冷藏壽命只有2～3個月[3]，以PE袋包裝，袋內加乙烯吸收劑對品質有所改善，貯藏壽命可由2個月延長到3個月[1]。因此要利用冷藏將3月產之甘藍貯藏到9月颱風季節之可行性不高。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2102號。接受日期：91年1月11日。
2. 本所園藝組副研究員、約僱助理、約僱助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者；電子郵件：cchuang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23399544。

氣調貯藏 (controlled atmosphere storage) 是在冷藏環境下，將空氣中的氧氣濃度降低，二氧化碳濃度升高，並維持在某一個固定之濃度（例如O_2在3 ± 0.3％, CO_2在5 ± 0.5％），這樣可將一些果蔬如蘋果、甘藍菜等之貯藏壽命增加數個月，因此蘋果和甘藍菜之氣調貯藏在美國均已商業化使用，可周年供應市場[7]。不同的作物，其最適合的氣體組合可能不相同，美國甘藍菜適合之氣體組合O_2爲2～3％，CO_2爲3～6％[4, 5, 6, 8, 10]。氣體濃度控制不佳會使貯藏效果不好，長時間在低氧環境（低於2％），甘藍菜會產生甜味；在高二氧化碳環境（6％以上）則會有異味，10％以上則會變色 (discoloration)[8]。近年義大利Menniti等人的研究也有相似的結果[10]，甘藍氣調貯藏以3%O_2和5%CO_2之組合對於減少失重及減緩黃化效果最好。1%O_2和1%CO_2會有低氧障礙（球心葉片變形、褐化），10%CO_2會引起異味，可分析出含有高量的乙醇。因此要氣調貯藏先要找到適當之氣體濃度組合並且要維持於此濃度。

本省因地震多，世界現行的水泥式氣調貯藏庫在台灣可能會因地震產生裂縫，造成無法維持氣體適當濃度之問題，因此一直沒有發展氣調技術。林等於1986年曾嚐試在冷藏庫內設置塑膠密封帳並控制氣體濃度來貯藏甘藍菜，結果因無法良好的控制氣體濃度，貯藏效果不佳[2]。但這種密封帳可以克服本省多地震之問題，而且成本低，裝置容易，因此可行性甚高。本省‘初秋’甘藍曾在美國種植，採收後以流通式精密控制氣體組合之方式進行氣調貯藏，試驗結果顯示在0～1℃下以O_2：CO_2爲3％：4％之氣調環境下，貯藏壽命可達6個月，其品質比一般冷藏4個月的還要好。此種流通式氣調貯藏成本較高，但其結果可作爲密封塑膠帳氣調貯藏條件之參考。本研究在試驗之初即先改良密封塑膠帳之製作，能良好的控制氣體組成，再以此設備測試甘藍菜氣調貯藏之效果，自民國85年到87年共測試3年。

材料與方法

塑膠氣調帳之設置

在0～1℃之冷藏庫內以角鋼與透氧性低的塑膠布（厚60～80μm）封製一個長寬高各約2m之密封帳，此帳放於棧板上以利降溫。其上裝有多條連通帳內帳外之管線，可取樣以測定帳內氧、二氧化碳及乙烯之濃度。氧及二氧化碳濃度之測定以奧氏氣體分析儀 (Orsat gas analyzer) 由人工測定爲主，乙烯濃度以氣相色層分析儀測定（gas chromatograph，Shimadsu GC-8AIF，column爲玻璃製，內徑2.6mm，外徑5.0mm，長2.5m，管內充填Porapak Q 80-100mesh，檢測器爲FID）。氧氣濃度高於3%時，可由加入氮氣來降低；氧氣濃度低於3%時，可由加入空氣來提升。二氧化碳濃度低於5%時，可由外加二氧化碳來提升；高於5%時可在帳內放置石灰來降低。乙烯濃度升高時可由帳內之乙烯吸收裝置來控制，該裝置爲一壓克力罐內加乙烯吸收劑，上有抽風機，電源在帳外，由定時器控制運轉時間。帳內及箱內之甘藍菜心部均裝有熱電耦以測定其溫度之變化。

甘藍材料來源及處理

85年之試驗於3月以溪湖產之‘初秋’甘藍進行試驗，外葉多留3~4葉（以下試驗均相同）。沾石灰處理爲甘藍於田間採收時，切下後將切口沾一下石灰，把整個切口均沾上。86年之試驗於3月以溪湖產之‘初秋’甘藍進行試驗，採收前一日曾下小雨。87年之試驗於7月以梨山產之‘初秋’甘藍以及西螺產之‘夏峰’甘藍進行試驗。

每次試驗於氣調帳內貯放甘藍約1200公斤，對照組爲一般冷藏，與氣調帳放在同一個冷藏庫內。甘藍材料經標記及稱重後裝箱或裝塑膠籃，每箱或籃之最上層置放2-3層報紙。甘藍放入氣調帳後，在帳門封閉之前，先在帳內放置風扇，自庫內往庫外吹風，待甘藍溫度降至4℃左右（約2日）再封閉帳門，帳門系以同材質的塑膠布，靠上氣調帳之門框，再以電線壓條壓封。

甘藍品質調查

品質調查於採收後即進行原始品質調查，再於貯藏2、3、4個月後取樣調查，每次調查每個處理取3箱爲3重複，每箱取5球測定，取過甘藍的箱子不再使用。調查項目包括失重率、整修後葉片色澤、鮮度、剖面風味及腐爛等。

1. 失重率 (%) =（原始重量－貯後重量）／原始重量× 100。
2. 整修率 (%) =（整修前重量－整修後重量）／整修前重量× 100。
   相對整修率 (%) = 貯後整修率－原始（鮮採）整修率。
   本研究之甘藍菜爲了貯藏，採收時外葉比一般多留3～4葉，因此純粹因貯藏而去除之外葉以相對整修率來表示。
3. 除葉數 = 整修時去除之葉片數。
   相對除葉數 = 貯後除葉數－原始（鮮採）除葉數。
   相對除葉數代表純粹因貯藏而去除的外葉數。
4. 整修後葉片色澤：1～5分（以目視，1-黃，2-黃帶綠，3-半黃半綠，4-綠帶黃，5-綠）
5. 整修後鮮度：1～5分（以目視，1-很差，2-差，3-不好不壞，4-好，5-很好）
6. 剖面風味：1～5分（以鼻聞，1-很差，2-差，3-不好不壞，4-好，5-很好）
7. 腋芽：0～2分（0-無，2-很多）
8. 切口發根數：0～2分（0-無，2-很多）
9. 莖空心：0～2分（0-無，2-很多）

甘藍貯藏壽命調查

由貯藏期間定期取樣調查之結果，依品質劣化之程度來判定貯藏壽命。例如失重率過高（大於20%左右）、相對整修率過高（大於20%左右）、整修後之葉片色澤、鮮度、剖面風味太低（低於3.5分）或有其他特殊不良品質（例如腐爛、長腋芽等）嚴重到不具販賣價值，綜合其中幾項來決定貯藏壽命。

結　　果

塑膠氣調帳之環境控制

於3年試驗期間，塑膠氣調帳內氧氣濃度控制於2-6%之間，大部分爲3±1%。氧氣可於封庫後充入氮氣可於3日內降到3%左右，由20%降至4%需5尺高2000psi鋼瓶3支或液態氮15kg。氧氣濃度到達3%後，於平常狀態要維持此一濃度，使用氮氣甚少，也不大需要塡加氧氣。二氧化碳濃度通常控制於3-5%之間，大部分爲5±0.5%。乙烯濃度通常於貯藏1個月後會上升，使用乙烯吸收劑可控制於0.1ppm以下。溫度控制較不理想，因冷氣無法直接進入密封帳，帳內之溫度通常比帳外高約0.7℃。於86年度之試驗，曾有3次因冷凍機械故障，溫度升到24℃，冷藏庫於2日內降回設定溫度，但氣調帳需3-4日才能降到原有之溫度。

甘藍菜貯藏品質

85年貯藏之結果如表1及表2，‘初秋’甘藍冷藏3個月後之失重率、整修率及除葉數都很高（各爲18.1%，7.0%及3.9片，表1），貯藏後葉片色澤、鮮度都已經很差（各爲1.6及1.1，表2），這些缺點在氣調貯藏能夠有效的改善，氣調貯藏4個月之失重、整修率、除葉數以及葉片色澤、鮮度都比冷藏3個月好很多（各爲4.5%，6.6%，2.5片，3.3及4.3表1、表2)。腋芽生長在氣調貯藏和冷藏相同，本次甘藍採收時腋芽就已經很多。於冷藏中有少數發生切口發根，氣調貯藏者則完全沒有發生。葉片黑斑發生率很低，氣調貯藏似乎多一些。

86年貯藏之結果如表3及表4，‘初秋’甘藍冷藏3個月後之失重率、整修率及除葉數都很高，貯

表1. 85年3月採收之‘初秋’甘藍在0~1℃貯藏3、4個月之失重率、整修率及除葉數

Table 1. Weight loss, trim loss and number of trimmed leaves of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1996 and stored at 0~1 ℃ for 3 and 4 months

Treatment	Storage time (months)	Weight loss[z] (%)	Trim loss (%)	Relative trim[y] loss (%)	Trimmed leaf no.	Relative trim[x] leaf no.
Cold storage: carton box	3	18.1±3.1	17.5±2.6	7.0±2.6	7.2±1.2	3.9±1.2
CA storage: carton box		2.7±0.4	14.9±1.3	4.4±1.3	5.0±0.6	1.7±0.6
CA storage: plastic basket		2.7±0.4	17.4±2.8	6.9±2.8	5.8±1.0	2.5±1.0
CA storage: plastic basket lime treated		3.1±0.5	16.2±1.9	5.7±1.9	5.4±0.5	2.1±0.5
Cold storage: carton box	4	24.6±0.0	33.7±3.7	23.2±3.7	15.2±2.2	11.9±2.2
CA storage: carton box		4.5±0.3	17.1±1.7	6.6±1.7	5.8±0.8	2.5±0.8
CA storage: plastic basket		4.1±0.1	17.2±1.4	6.7±1.4	5.5±0.5	2.2±0.5
CA storage: plastic basket lime treated		4.3±0.3	20.0±2.8	9.5±2.8	7.0±1.1	3.7±1.1

[z] Each datum represents the average of 3 replications ± SE. 5 heads were used in each replication.

[y] Relative trim loss = trim loss after storage - trim loss before storage.

[x] Relative trim leaves = number of trimmed leaves after storage-number of trimmed leaves before storage.

表2. 85年3月採收之‘初秋’甘藍在0~1℃貯藏3、4個月後之品質

Table 2. Quality of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1996, after 3 and 4 months storage at 0~1 ℃

Treatment	Storage time (months)	Stem[z] decay (%)	Color after[y] trimming	Freshness[x] after trimming	Flavor[x]	Auxiliary[w] buds	Rooting[w]	Stem[w] hollowness	Black spot
Cold storage: carton box	3	0.0±0.0	1.6±0.5	1.1±0.2	3.7±0.2	1.3±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0[w]
CA storage: carton box		0.0±0.0	4.1±0.4	4.3±0.2	4.3±0.2	1.3±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	4.0±0.3	4.3±0.2	4.2±0.2	1.2±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	4.3±0.2	4.3±0.2	4.5±0.0	1.3±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Cold storage: carton box	4	0.0±0.0	1.0±0.0	1.0±0.0	3.4±0.4	1.6±0.1	0.6±0.2	0.0±0.0	0.2±0.1
CA storage: carton box		0.0±0.0	3.3±0.2	4.3±0.2	4.3±0.2	1.3±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.1
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	3.3±0.2	4.0±0.3	4.4±0.2	1.4±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.6±0.1
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	3.3±0.2	4.0±0.3	4.2±0.2	1.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.5±0.3

[z] Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

[y] Score of color: 1-yellow, 3-half yellow half green, 5-green.

[x] Score of freshness and flavor: 1-bad, 3-fairish, 5-good.

[w] Occurrence of auxiliary buds, rooting from stem, stem hollowness and black spot in leaf: 0-none, 1-not much, 2-a lot.

藏後葉片色澤、鮮度都已差（各為19.8%，13.2%，4.5片，2.4及3.1，表3、表4)。氣調貯藏可明顯的降低失重率並提高整修後鮮度（貯藏4個月之失重、整修率、除葉數、葉片色澤及鮮度各為4.0%，13.6%，3.3片，4.0及3.8，表3、表4)。氣調貯藏之整修率偏高，可能因為在貯藏期間有3次溫度異常升溫所致；這些整修去除的葉片比冷藏者綠且含水較多，因此其除葉數比冷藏者少許多，但整修率卻高到和冷藏相似。其整修後葉片色澤及鮮度均佳。腋芽生長在氣調貯藏和冷藏相同，切口發根在氣調貯藏少一些，說明氣調貯藏對腋芽生長沒有抑制，而對發根則有一些抑制作用。

87年貯藏之結果如表5及表6，7月高山所生產之‘初秋’甘藍冷藏2個月後失重率及整修率都已高（各為19.3%及12.5%，表5)，整修後葉片色澤及鮮度已不甚佳（各為3.5，3.4，表6)，氣調貯藏

表3. 86年3月採收之‘初秋’甘藍在0~1℃貯藏3、4、5個月後之失重率、整修率及除葉數

Table 3. Weight loss, trim loss and number of trimmed leaves of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1997, and stored at 0~1 ℃ for 3、4 and 5 months.

Treatment	Storage time (months)	Weight loss[z] (%)	Trim loss (%)	Relative trim[y] loss (%)	Trimmed leaf no.	Relative trim leaf no.
Cold storage: carton box	3	19.8±5.3	21.5±2.3	13.2±3.3	7.0±1.2	4.5±1.2[x]
CA storage: plastic basket		2.6±0.3	21.3±4.3	13.0±3.5	6.2±1.1	3.7±1.1
CA storage: plastic basket lime treated		4.8±1.0	22.4±2.8	14.1±2.8	6.2±1.1	3.7±1.1
Cold storage: carton box	4	26.8±6.9	28.0±5.4	19.7±4.4	10.4±1.7	7.9±1.7
CA storage: plastic basket	4.0±0.6	21.9±4.6	13.6±4.8	5.8±0.8	3.3±0.8	
CA storage: plastic basket lime treated	5.5±1.2	27.0±7.4	18.7±6.4	8.4±2.7	5.9±2.7	
Cold storage: carton box	5	26.0±10.4	35.1±12.4	26.8±10.4	13.0±2.4	10.5±2.4
CA storage: plastic basket	5.1± 1.4	35.8± 5.4	27.5± 3.2	10.5±2.5	8.0±2.5	
CA storage: plastic basket lime treated	5.1± 1.3	34.3± 6.2	26.0± 4.6	11.2±2.7	8.7±2.7	

[z] Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

[y] Relative trim loss = trim loss after storage - trim loss before storage.

[x] Relative leaves trimmed = number of trimmed leaves after storage-number of trimmed leaves before storage.

表4. 86年3月採收之‘初秋’甘藍在0~1℃貯藏3、4、5個月後之品質

Table 4. Quality of ‘Chu chiu’ cabbage harvested on March 1997, and stored at 0~1 ℃ for 3、4 and 5 months

Treatment	Storage time (months)	Stem decay[z] (%)	Color after[y] trimming	Freshness[x] after trimming	Flavor[x]	Auxiliary[w] buds	Rooting[w]	Stem hollowness
Cold storage: carton box	3	0.0±0.0	2.4±1.1	3.1±0.9	4.3±0.3	0.5±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0[w]
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	4.3±0.8	4.6±0.4	4.8±0.3	0.6±0.4	0.0±0.0	0.3±0.7
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	4.4±0.8	4.8±0.2	4.8±0.3	0.7±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0
Cold storage: carton box	4	0.0±0.0	1.6±0.9	2.3±1.1	3.8±0.6	0.7±0.5	0.3±0.2	0.0±0.0
CA storage: plastic basket		0.0±0.0	4.0±0.4	3.8±0.3	4.0±0.5	0.6±0.3	0.2±0.1	0.0±0.0
CA storage: plastic basket lime treated		0.0±0.0	3.6±0.9	3.6±0.4	4.0±0.3	1.0±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0
Cold storage: carton box	5	0.0±0.0	1.1±0.3	1.8±0.6	3.0±0.4	0.8±0.4	0.5±0.6	0.2±0.3
CA storage: plastic basket		0.1±0.2	3.0±0.7	3.1±0.6	3.6±0.3	0.7±0.2	0.2±0.1	0.2±0.3
CA storage: plastic basket lime treated		0.2±0.5	2.9±0.7	3.1±0.5	3.7±0.4	0.9±0.3	0.0±0.0	0.1±0.1

[z] Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

[y] Score of color: 1-yellow, 3-half yellow half green, 5-green.

[x] Score of freshness and flavor: 1-bad, 3-fairish, 5-good.

[w] Occurrence of auxiliary buds, rooting from stem, stem hollowness and black spot in leaf: 0-none, 1-not much, 2-a lot.

2個月後失重率及整修率均低（各爲2.9%及5.5%），整修後葉片色澤及鮮度均高（各爲4.9及5.0），和鮮採時相似；貯藏4個月後失重仍低 (4.2%)，整修率略高 (11.5%)，除葉數仍低 (2.7%)，葉片色澤和鮮度較差（各爲3.7、3.5，表5、表6）。腋芽生長在冷藏及氣調貯藏相同，切口發根及腐爛等，在本試驗均無發生。

表5. 87年7月採收之‘初秋’及‘夏峰’甘藍在0~1℃貯藏3、4個月之失重率、整修率及除葉數

Table 5. Weight loss, trim loss and number of trimmed leaves of ‘Chu chiu’ and ‘Sha fung’ cabbage harvested on July 1998, and stored at 0~1 ℃ for 3 and 4 months

Cultivar	Treatment[z]	Storage time (months)	Weight loss[y] (%)	Trim loss (%)	Relative trim[x] loss (%)	Trimmed leaf no.	Relative trim[w] leaf no.
Chu chiu	CS: carton box	2	19.3±3.4	30.1±1.5	12.5±1.5	10.6±0.9	5.4±0.9
	CA[z]: plastic basket		2.9±0.9	23.1±3.0	5.5±3.0	6.8±0.8	1.6±0.8
Chu chiu	CS: carton box	3	29.3±7.5	31.3±2.8	13.7±2.8	12.0±1.0	6.8±1.0
	CA: plastic basket		2.9±0.9	24.1±3.2	6.5±3.2	6.8±1.6	1.6±1.6
Chu chiu	CS: carton box	4	---	---	---	---	---
	CA: plastic basket		4.2±1.1	29.1±3.9	11.5±3.9	7.9±0.9	2.7±0.9
Sha fung	CS: carton box	2	12.8±6.5	19.8±4.6	7.6±4.6	5.8±2.0	3.3±2.0
	CA: plastic basket		3.3±2.0	15.5±1.9	3.3±1.9	3.0±0.7	0.5±0.7
Sha fung	CS: carton box	3	---	---	---	---	---
	CA: plastic basket		3.2±0.4	16.4±4.7	4.2±4.7	3.2±1.1	1.3±1.1

[z] CS: cold storage. CA: controlled atmosphere storage.

[y] Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

[x] Relative trim loss = trim loss after storage - trim loss before storage.

[w] Relative leaves trimmed = number of trimmed leaves after storage-number of trimmed leaves before storage.

表6. 87年7月採收之‘初秋’及‘夏峰’甘藍在0~1℃貯藏2、3、4個月之品質

Table 6. Quality of ‘Chu chiu’ and ‘Sha fung’ cabbage harvested on July 1998, and stored at 0~1 ℃ for 2, 3 and 4 months

Cultivar	Treatment[z]	Storage time (months)	Stem decay[y] (%)	Color after[x] trimming	Freshness[w] after trimming	Flavor[w]	Auxiliary[v] buds	Rooting[v]	Stem hollowness
Chu chiu	CS: carton box	2	0.0±0.0	3.5±0.5	3.4±0.6	4.5±0.3	0.3±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0[v]
	CA: plastic basket		0.0±0.0	4.9±0.2	5.0±0.0	4.9±0.1	0.4±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0
Chu chiu	CS: carton box	3	0.0±0.0	1.2±0.4	2.2±0.3	4.2±0.3	0.2±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	CA: plastic basket		0.0±0.0	4.4±0.2	4.6±0.0	4.8±0.2	0.2±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Chu chiu	CS: carton box	4	---	---		---	---		---
	CA: plastic basket		0.0±0.0	3.7±0.3	3.5±0.3	3.8±0.4	0.4±0.2	0.02±0.1	0.0±0.0
Sha fung	CS: carton box	2	0.0±0.0	3.4±1.0	3.5±1.0	4.7±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	CA: plastic basket		0.0±0.1	5.0±0.0	5.0±0.0	4.6±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
Sha fung	CS: carton box	3	---	---		---	---		---
	CA: plastic basket		0.0±0.1	4.8±0.3	4.7±0.0	4.4±0.4	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.4

[z] CS: cold storage. CA: controlled atmosphere storage.

[y] Each datum represents the average of 3 replications ±SE. 5 heads were used in each replication.

[x] Score of color: 1-yellow, 3-half yellow half green, 5-green.

[w] Score of freshness and flavor: 1-bad, 3-fairish, 5-good.

[v] Occurrence of auxiliary buds, rooting from stem, stem hollowness and black spot in leaf: 0-none, 1-not much, 2-a lot.

‘夏峰’甘藍冷藏2個月後失重率已高（12.8%，表5），整修後葉片色澤、鮮度已不甚佳（各為3.4、3.5，表6）。氣調貯藏2個月後失重率低（3.3%，表5），整修後葉片色澤及鮮度極佳（均為5，表6）。冷藏3個月後冷藏之甘藍外葉大部分變黑且有一些外葉長白霉，已無商品價值，因此未加調查。氣調貯藏3個月後，甘藍失重仍很少（3.2%，表五），有許多外葉變黑，但整修後色澤鮮度仍佳

(各爲4.8、4.7，表6)。也有一些球之中心變空洞且褐化，因此商品價值低。本次試驗甘藍材料不多，只貯藏3個月。

包裝和石灰對甘藍品質之影響

85年氣調貯藏分別用紙箱裝或塑膠籃裝，結果甘藍品質差異不大，但紙箱包裝因庫內高濕，紙箱變軟不便於搬動，因此於86年及87年之氣調貯藏全以塑膠籃包裝。

切口沾石灰之目的在於探討是否可以降低切口腐爛，於85年及86年試驗之甘藍全部沒有發生切口腐爛之情形，因此無法辨別切口沾石灰是否有防止切口腐爛之效果。

甘藍貯藏壽命

85年甘藍冷藏3個月後，失重率高(18.1%，表1)，整修後葉片色澤及鮮度均已很差(2分以下，表2)，因此貯藏壽命低於3個月，估算爲2個月。氣調貯藏4個月後失重甚少(4.5%左右，表1)，相對整修率亦低，整修後鮮度尚佳，但整修後葉片色澤略差一些(3.3分，表2)，因此貯藏壽命爲4個月。

86年甘藍冷藏3個月後失重率整修率均高(各爲19.8%、13.2%，表3)，整修後葉片色澤及鮮度不佳(各爲2.4、3.1，表4)，因此貯藏壽命低於3個月，估算爲2個月。氣調貯藏4個月失重率低(4.0%，表3)，整修後葉片色澤、鮮度仍佳(各爲4.0、3.8，表4)，但相對整修率偏高(13.6%)，因此貯藏壽命爲4個月。

87年高山產之‘初秋’甘藍冷藏2個月後失重率高(19.3%，表5)，整修後葉片色澤及鮮度已不甚佳(約3.5，表6)，其貯藏壽命爲2個月左右。氣調貯藏4個月後失重率、整修率仍低(各爲4.2%、11.5%，表5)，整修後鮮度略低(3.1、3.5，表6)，其他品質尚佳，因此貯藏壽命爲4個月左右。‘夏峰’甘藍冷藏2個月失重率略高(12.8%，表5)鮮度亦低(3.4，表6)，故貯藏壽命爲2個月。氣調貯藏3個月失重率整修率均低(各爲3.2%、4.2%，表5)，整修後鮮度亦佳(4.7，表6)，但發生球中心空洞與褐化以及葉片黑褐，因此貯藏壽命爲3個月。

討　論

氣調設備與控制

本研究能有良好之結果在於密封塑膠帳製成之氣調帳比以前林等[2]所製造者氣密性好，林等所製之氣調帳帳門以塑膠布貼封，氣密較差，且遇到潮濕會部分鬆開。本研究使用電線壓條，將帳門之塑膠布和帳體之塑膠布夾封，氣密效果良好且裝卸容易。因此除了能達到希望的氧、二氧化碳濃度條件外，平常的管理操作亦方便，也使管理成本降低。本氣調帳製作成本低，且能避免地震因產生裂縫導致漏氣之危險，具有實用之潛力。但是這種氣調帳帳內之溫度比帳外高約0.7℃，是不利的地方。

本次研究之氣調控制情況尚稱良好，但均以人工控制較費人工，例如使用Orsat測定氧及二氧化碳濃度，若有濃度不對，需加氮或加氧，經調整後，仍需一再的以Orsat測定及調整，除了頗費人工外也使控制的濃度範圍偏大，若是要實用化應該要以儀器測定及儀器控制爲主，以人工Orsat測定爲輔，才能省工並增加氣調控制之精確性。

甘藍氣調貯藏效果

經3年之試驗得知‘初秋’甘藍以傳統之冷藏方式貯藏壽命皆爲2個月左右；影響冷藏壽命較大的因素包括失重率高、整修率高、貯藏後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等。其他品質如風味，冷藏後一般仍佳；而腐爛、切口發根、莖空心、葉片黑斑等發生率不高。腋芽只於85年發生較多，於86、87年很少發生。

‘初秋’甘藍以塑膠帳做氣調貯藏經3年之試驗結果顯示貯藏壽命約爲4個月，冷藏的一些主要問題如失重率高、貯後整修後之葉片色澤及鮮度不佳等，在氣調貯藏皆可有效的改善。氣調貯藏之整修

率偏高，這一方面是因爲要貯藏的甘藍菜採收時，外葉會多留幾片。另一方面是氣調貯藏之甘藍外葉較冷藏者綠且厚重，因此氣調貯藏之相對整修率和冷藏者相似時，其剝去的外葉數目比冷藏者低，整修率若由相對除葉數來估算，則氣調貯藏之相對除葉數比冷藏者低得多。其他品質如風味、切口發根之抑制，氣調貯藏比冷藏好一些。甘藍菜之風味以冷藏也可維持不錯，其衰退比色澤或外表鮮度之劣化慢得多。依日本Takigawa 和 Ishii[11]之報導，甘藍菜含有dimethyl sulfide，是甘藍菜風味成分之一。dimethyl sulfide可由S-methyl methionine (Vitamin V) 分解而來，甘藍菜冷藏時間增長，S-methyl methionine含量並不會下降，有些品種反而會增加，因此風味之退化較慢。本研究冷藏之甘藍外觀已不佳，但切開之風味仍不錯，可能和此有關。氣調貯藏之甘藍風味更佳，表示氣調貯藏可能會減緩風味衰退相關之生化變化速率。腋芽生長之抑制在氣調貯藏和冷藏相同，腋芽發生多的常在採收時已經長出來了（原始品質調查資料未附），貯藏4個月和貯藏3個月之腋芽發生程度沒有差異。至於球莖腐爛，球莖空心在3年之試驗均無發生，葉片產生黑斑於85年之試驗亦無發生，因此無法判斷氣調貯藏是否比冷藏有較好的抑制效果。

‘初秋’甘藍冷藏壽命約爲2個月，貯藏壽命終結之主要因素爲失重率與整修率高到某一程度（約20%），此時整修後鮮度亦下降到某一程度（約3.5分）。氣調貯藏壽命約爲4個月，使貯藏壽命終結之主要因素不是失重率高，而是整修率高到某一程度（約20%），此時整修後鮮度亦下降到某一程度（約3.5分）。因此想以3月平地產之‘初秋’甘藍貯藏到8、9月颱風季節之可能性甚低。3月之後平地‘初秋’甘藍已很少生產，於6月底7月初高山產之‘初秋’甘藍價格尙低，若於此時購買以冷藏貯藏，只能放2個月，要供應9月中、下旬之颱風需求仍有困難，若以氣調貯藏可放4個月，應可貯藏到9月底颱風季節結束。

‘夏峰’甘藍球體比‘初秋’小，食用品質亦遜於‘初秋’，但可在平地高溫季節生產。本試驗結果顯示‘夏峰’甘藍之冷藏壽命也是2個月左右，主要因爲整修後品質不高，貯藏時間增加會有外葉黑褐化及長白霉之問題。氣調貯藏3個月失重少，整修率低，雖然外葉有黑褐化，但經整修去除後品質仍然很好，說明氣調貯藏之品質較好，也能降低外葉黑褐化之程度，但因球莖中心變空洞且褐化，使貯藏終結。球莖中心空洞及褐化之原因尙未得知。

其他因素對貯藏品質之影響

溫度，86年‘初秋’甘藍貯藏試驗期間，溫度有3次升溫到24℃，這一年的相對整修率及相對除葉數比85年及87年者高，失重率及整修後鮮度沒有太大的差別，顯示溫度高會使甘藍外葉劣化加速。

本研究‘初秋’甘藍氣調貯藏之整修率偏高能和溫度有關，塑膠密封帳帳內溫度長時間比帳外高約0.7℃。如果能使帳內溫度下降0.7℃，可能會降低貯藏後之整修率。若要實際使用時，或許可將帳外冷藏庫之溫度多下降0.7℃來改善。

包裝容器，氣調貯藏甘藍以紙箱或塑膠籃包裝在失重率、整修率或貯後品質均沒有顯著的差異（表1、表2），因此就貯藏品質而言，用紙箱或塑膠籃包裝皆可。但以紙箱包裝於氣調貯藏後紙箱因潮溼軟化，搬動容易撕裂，因此以塑膠籃包裝較佳。

切口沾石灰，於85年、86年氣調貯藏中有一部分甘藍切口沾石灰處理，主要的目的是要瞭解沾石灰對球莖切口腐爛的抑制效果，但是這兩次試驗都沒有發生球莖切口腐爛的情形（表2、表4），因此無法得知沾石灰的效果。切口沾石灰對甘藍失重、整修及鮮度品質等均無明顯的影響。

結　論

本研究經3年之試驗結果顯示在冷藏庫內設置塑膠氣調帳可以良好的控制各種氣體之濃度，是一個值得擴大應用之方法。

以此氣調帳貯藏‘初秋’甘藍，3年的試驗結果均顯示可以將‘初秋’甘藍之貯藏壽命由冷藏之2

個月延長到4個月，在調節供需，尤其對夏季颱風期之供應有很大的幫助。本研究目前尚屬小量試驗，因此成本難以正確之估算，但由於本技術使用之設備成本不高，而且可以將甘藍菜貯藏壽命增加一倍，因此商業化實用的可行性甚高。此外也應用在其他多種蔬菜水果之貯藏。

誌　謝

本研究部分經費承蒙行政院農業委員會補助（計畫編號85科技-1.4-糧-41，86科技-1.4-糧37），又各試驗在氣調環境之控制及維持承蒙陳村先生之協助，材料調查及資料整理承蒙鄭秀芳與洪淑珍小姐之協助始得完成，謹致謝忱。

引用文獻

1. 王自存、張粲如。1997。初秋甘藍之貯藏技術。園產品採後處理與運銷技術研討會專刊p135-145.
2. 林學正、黃肇家、鐘玉燕。1986。甘藍簡易人工大氣貯藏試驗。中華農業研究35: 186-191.
3. 陳如茵、楊瑞森、呂理焜。1982。甘藍與結球白菜大規模冷藏。食品工業研究所研究報告第268號34 pp.
4. Bohling, H., and H. Hansen, 1977. Storage of white Cabbage (*Brassica Oleracea* var. capitata) in controlled atmospheres. Acta Hort. 62: 49-54.
5. Gariepy, Y., G.S.V. Raghavan, R. Pleasse, and R. Theriault, 1985. Long time storage of cabbage,celery, and leeks under controlled atmosphere. Acta Hort. 157: 193-201.
6. Geeson, J.D., and K.M. Browne, 1980. Controlled atmosphere storage of winter white cabbage. Ann. Appl. Biol. 95:267-272.
7. Kader, A.A., 1992. Modified atmosphere during transport and storage. In:Postharvest Technology of Horticultural Crops. p. 85-92 A. A. Kader, Ed.,Univ. Calif. Div. Agric. Pub. 3311.
8. Lipton, W. J., 1977. Recommendation for CA storage of broccoli, brussel sprouts, cabbage, cauliflower, asparagus and potatoes. In proceedings of the Second National Controlled Atmosphere Research Conference. p. 277-281.
9. Menniti,A.A., M. Maccaferri, and A. Folchi, 1997. Physio-pathological responses of cabbage stored under controlled atmospheres. Post. Biol. Technol. 10: 207-212.
10. Saltveit, Jr. M.E., 1989. A summary of requirements and recommendations for the controlled and Modified atmosphere storage of harvested vegetable. In fifth International Controlled Atmosphere Research Conference. p. 329-352.
11. Takigawa, S., and G. Ishii, 2000. Accumulation and decomposition of S-methyl methionine in cabbage. Acta Hort. 517: 457-461.

A Study on Controlled Atmosphere Storage of Cabbage with Sealed Plastic Tent [1]

Chao-Chia Huang[2,3], Huey-Suey Huang[2] and Chin-Yu Tsai[2]

Summary

Shortage in the supply of vegetables during typhoon season has been a serious problem in Taiwan. Large quantities of cabbage are stored each summer as one of the means to overcome this problem. The storage life of 'Chu-chiu' cabbage stored under conventional method was about 2 months. It is unlikely to store March harvested 'Chu-chiu' cabbage, which are cheap and abundant, over the spring and release them at the typhoon season. However, it is possible to use controlled atmosphere (CA) storage to further extend the storage life of cabbage. This paper presents the result of three years (1996 - 1998) study on the CA storage of cabbage by using sealed plastic tent inside a cold storage room.

A 2m × 2m × 2m tent made of LDPE was set up inside a 0-1 ℃ cold room. The composition of atmosphere within the tent was maintained at 2-6% oxygen (mostly at 3%) and 3-5% carbon dioxide (mostly at 5%). Ethylene concentration was controlled below 0.1ppm using an ethylene scrubber. Due to lack of ventilation, the temperature inside the tent was always about 0.7 ℃ higher than outside. Our result indicated that 'Chu-chiu' cabbage, the major cultivar grown in Taiwan, had an average storage life of 2 months under conventional cold storage at 0-1 ℃. Factors responsible for the termination of storage life include: high weight loss, high trim loss, inferior color and freshness. Storage life of cabbage was extended to 4 months by using controlled atmosphere tent and the factors mentioned above were reduced effectively under CA. Other quality attributes including loss of flavor and rooting at cut end were also better controlled under CA. No difference was noted with regard to the occurrence of auxiliary buds. No significant differences were observed, with respect to weight loss, trim loss and post-storage quality, between using carton boxes or plastic baskets for storing cabbage under CA. However, carton boxes became soften and difficult to handle due to absorption of moisture. The storage life of another summer cabbage 'Sha-fung' was also about 2 months in cold storage and was extended to 3 months under CA storage. Its storage life was terminated due to hollow stem and stem browning.

Key words ：Cabbage, Controlled atmosphere storage.

---

1. Contribution No.2102 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by January 11, 2002.
2. Associate Researcher, Project Assistant, Project Assistant, Department of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, E-mail: cchuang@wufeng.tari.gov.tw; Fax: (04)23399544.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 43～55 (2002)

The Toxin Components Study on Generic Products of Abamectin[1]

Edward Y. Cheng[2], Ching-Hua Kao[2,3] and Yu-Bing Hwang[2]

Abstract: Abamectin is the first microbial insecticide extracted from *Streptomyces avermitilis* and has been registered for diamondback moth control. Not long after abamectin was registered, the generic products of abamectin started to market, and the low-cost, un-refined generic products soon out-competed the registered abamectin by a volume of more than 9 to 1. This forced abamectin being withdrawn from its registration in 2001. Currently, the generic products have occupied the whole market without detailed chemical composition and toxicological information. In this study, we had collected 23 samples of generic products for components/composition analysis and compared those data with the standard abamectin on five aspects: (1) total avermectin content, (2) the B1 composition, (3) the ratios of B1a/B1b, (4) contents of avermectins, and (5) the avermectin composition spectrum. The results indicated the total avermectins of generic products is 2 to 6 times of the registered abamectin, but the generic products contained only two-thirds of registered B1. More than 81% of total avermectins in generic products are unregistered components i.e., A1a, A1b, A2a and B2a. The toxic components of generic products varied greatly from sample to sample. Only the averaged ratio of B1a/B1b is the same as abamectin, however, this ratio was also sample-dependent, which varied from 90:10 to 100:0. The biggest problem of generic products is the amount of their toxic impurity content is about 5.37%, that is 134 times higher than the legal limit. The result confirmed that the generic products are crude, low-cost and unrefined pesticides, which lack toxicological information and post possible health hazard of unregistered toxic residues on vegetables. The generic products of abamectin induced high resistance in the diamondback moth within five years and the resistance ratio had reached 2500- to 5000-fold in 2001. These generic products also cause significant problem for pesticide registration, regulation and application, which should be reevaluated and corrected.

Key words：Abamectin, Generic product, Impurities, Analysis, Pesticide regulation.

INTRODUCTION

Pesticides registration includes two parts: first, the toxicological and residue review; and the second, the

---

1. Contribution No.2103 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by January 15, 2002.

2. Respectively, Senior Entomologist, Entomologist and Assistant Entomologist, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Corresponding author, E-mail: chkao@wufeng.tari.gov.tw; Fax:(04)23309097.

field efficacy test for target pest. Once the pesticide was registered, its importation, manufacture and marketing are regulated by the Pesticide Regulation Acts.

Abamectin is the first commercialized insecticide with toxins extracted from *Streptomyces avermitilis*[3]. The producer of abamectin is very concerned about this biological-originated insecticide, hence published a monograph entitled "Ivermectin and Abamectin"[1]. The contents of 21 chapters include the biochemistry of abamectin, the producing organism, the mode of action, the toxicology and metabolism, etc.

The registration of abamectin in Taiwan had been processed seriously to meet the safety requirement even there's little information on those microbial toxins before. The registration had taken more than five years in order to fulfill the questions about antidote, environment impacts, degradation, mammalian toxicity, etc. The effectiveness of abamectin on the diamondback moth (*Plutella xylostella* L., DBM) is well known[4], hence DBM is the first target pest for registration in Taiwan. Because DBM is also famous for its insecticide resistance problem, the manufacturer of abamectin had established a self-discipline marketing policy after its registration, and tried to slow down or minimize the resistance development.

Taiwan Agricultural Research Institute(TARI) started the resistance monitoring when abamectin became available in the market, however, there're two uncontrollable situations developed in the same time. Firstly, abamectin was smuggled by other pesticide retailers into Taiwan. Although it is illegal, these products were still the original abamectin except the marketing of abamectin became uncontrollable. The second interference was the generic abamectin also was smuggled into Taiwan about one year after the registration. These generic products were crude and un-refined, and their active ingredients and impurities are unknown.

In order to understand the toxic contents of these generic products of abamectin, TARI had collected samples island-wide for the composition analysis and hoped the result would reveal the fact of these products to help pesticide regulation as well as to estimate the effect of generic products on resistance.

MATERIALS AND METHODS

Sources of the generic products

Total of 37 generic products was collected from major vegetable production districts from April to May of 1998 through the help of farmers (Figure 1).

Fig. 1 Packing of the generic abamectin collected in Taiwan in 1998.

Analytic methods used

Through the assist of Novartis and working in conjunction with an UK consultancy, Renco Ltd., 23 samples were randomly selected from 37 collected products and subjected to the detailed composition analysis. The chemical composition was determined by UV diode array spectra, HPLC and LC/MS, respectively. The analytical method used by Renco Ltd. was summarized in below. Different avermectins found in a very high concentration have been confirmed by the LC/MS data.

The chromatographic analysis was performed on the Merck Hitachi 7200 HPLC equipped with Merck Hitachi 7400 detector and the wavelength was set at 254 nm. Nucleosil C18 column of 250 mm length and 4.0 mm i.d. was used and the column temperature was set at room temperature. Ten ml of reference/test solutions were used for analysis at the flow rate of 1.0 ml/minute. Duration of chromatographic analysis is approximately 60 minutes (Table 1).

Table 1. Chromatographic program used for composition analysis

Time (min)	Acetonitrile (%)	Methanol (%)	Water (%)
0	60	-	40
40	60	30	10
50	90	-	10
51	60	-	40
60	60	-	40

Sample preparation

Reference solution: Weigh (to the nearest of 0.1 mg) 10 mg of abamectin reference substance into a 10 ml volumetric flask. Pipette 2 ml into a 100 ml volumetric flask and make up to volume with methanol.

Test solution: Weigh (to the nearest of 0.1mg) 2000 mg of technical abamectin or generic product formulation into a 20 ml volumetric flask. Make up to volume with methanol. In case of the out of specification content of the by-products, the amount of weighing has to be varied.

RESULTS AND DISCUSSION

Ever since the generic products of abamectin were illegally introduced into Taiwan, the market of abamectin has become uncontrollable. These un-refined, low-cost generic products hold bigger advantages in both the higher profit margin and the lower price of 3.9 vs. 8.8 NT dollars per ml compared to abamectin (Table 2), and outsell the registered abamectin by the volume of more than 9 to 1. Vegetable farmers are using a lot of these generic abamectin.

In an effort to understand the generic products of abamectin better, we had collected samples from vegetable production areas (Figure 2) for detailed analysis. All the collected samples were packed in different bottles with labeling (Figure 1), and none of them had specified the true content of the product. However, these generic products of abmectin can be easily identified, as their common appearances are viscous liquid with colors ranged from dark-brown to black (Figure 3) and bearing a distinguished abamectin odor. The contents of 23 generic products had been carefully analyzed by HPLC diodearray spectrum (Figure 4) and LC/MS spectrum (Figure 5), and compared with genuine abamectin (Figure 4, Figure 6 and Table 3). The results were discussed in the following aspects.

Table 2. Sampling locations, sample volume, packing and unit price of 37 generic products of abamectin

Sampling location	Package[z]	ml/bottle	NT dollar/bottle	Unit price/ml
Hsichou	A	250	600	2.40
Ziguan	A	250	2000	8.00
Hsinkan	A	250	800	3.20
Hsihu-1	A	250	500	2.00
Lunbei	A	250	600	2.40
Hsihu-2	B	200	350	1.75
Erlung-1	B	200	600	3.00
Tziton-1	B	200	500	2.50
Erlung-2	B	200	500	2.50
Tounan	B	200	550	2.75
Hsilo	B	200	800	4.00
Luchu	B	200	900	4.50
Peitou	B	200	400	2.00
Huwei-1	B	200	800	4.00
Huwei-2	B	200	550	2.75
Huatan	C	200	400	2.00
Tenwei	C	200	650	3.25
Erlin	C	200	750	3.75
Yuanlin	D	100	250	2.50
Tziton-2	D	100	300	3.00
Tziton-3	D	100	280	2.80
Beitou-1	D	100	300	3.00
Beitou-2	D	100	300	3.00
Yongin	B	200	550	2.75
Pusin	B	100	300	3.00
Changhua	B	200	700	3.75
Kansun	D	120	1000	8.33
Hsinyi-1	D	100	300	3.00
Hsinyuan	D	100	250	2.50
Hsinyi-2	A	250	700	2.80
Liugiao	D	120	550	4.58
Tuku	D	100	300	3.00
Peikan	D	100	350	3.50
Sunsin	D	60	700	11.67
Ilan	D	100	700	7.00
Houlong	B	100	350	3.50
Tsubei	E	30	-	-

[z] Package of the containers: A: Aluminum can, 15cm height and 6cm in diameter; B: Glass bottle, 11cm height and 6cm in diameter; C: Glass bottle, 15cm height and 6cm in diameter; D: Glass bottle, 12cm height and 4.5cm in diameter; E: Plastic can

Fig. 2 Sampling locations of generic abamecations in Taiwan.

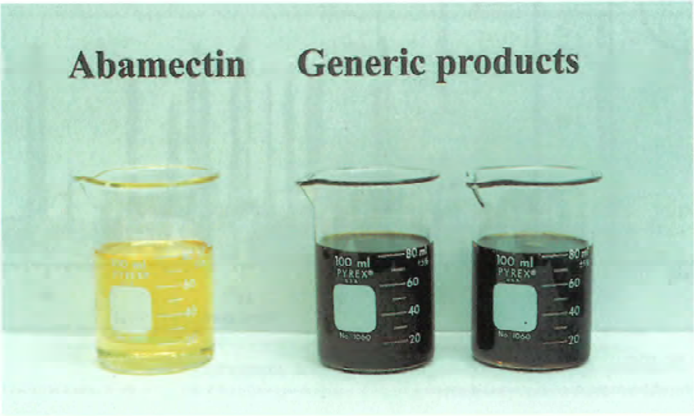
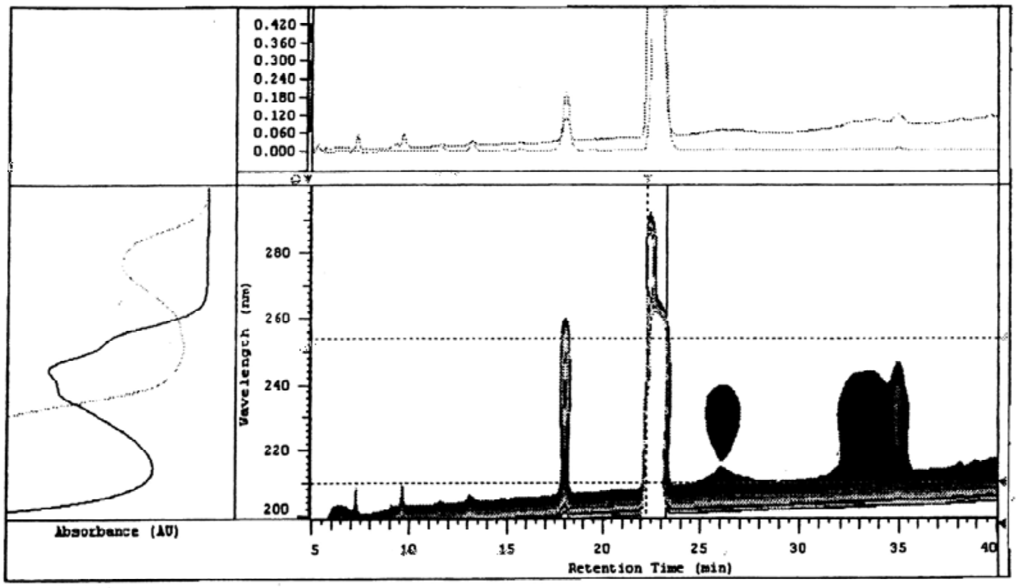


Fig. 3 Color variation of abamectin and the generic products.

(A) HPLC Diodearray specturm of genuine abamectin



(B) HPLC Diodearray specturm of generic abamectin

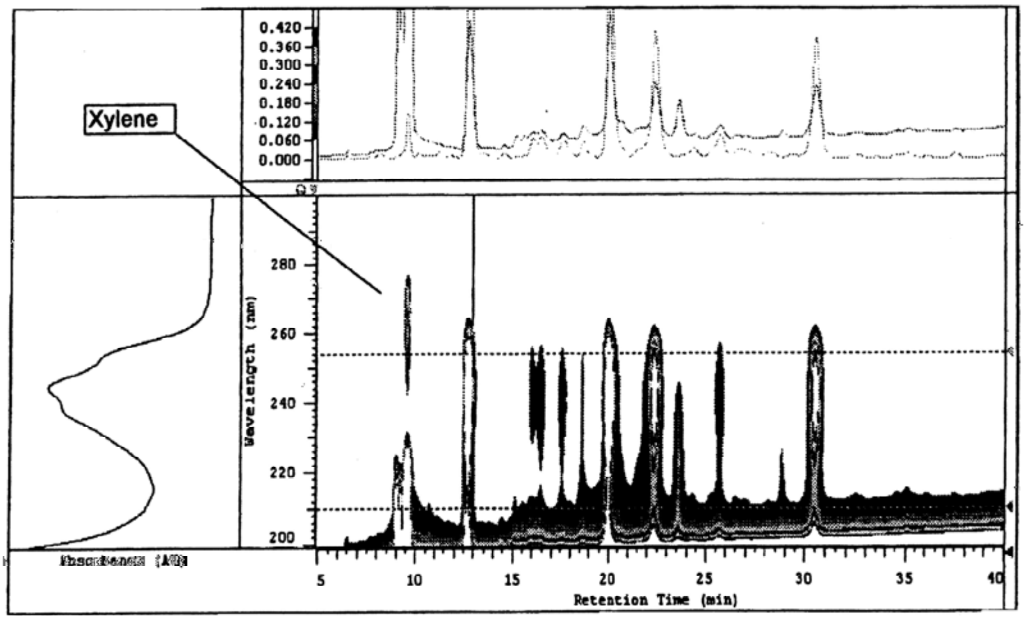


Fig. 4 The HPLC diodearray spectrum of the original and generic abamectins.

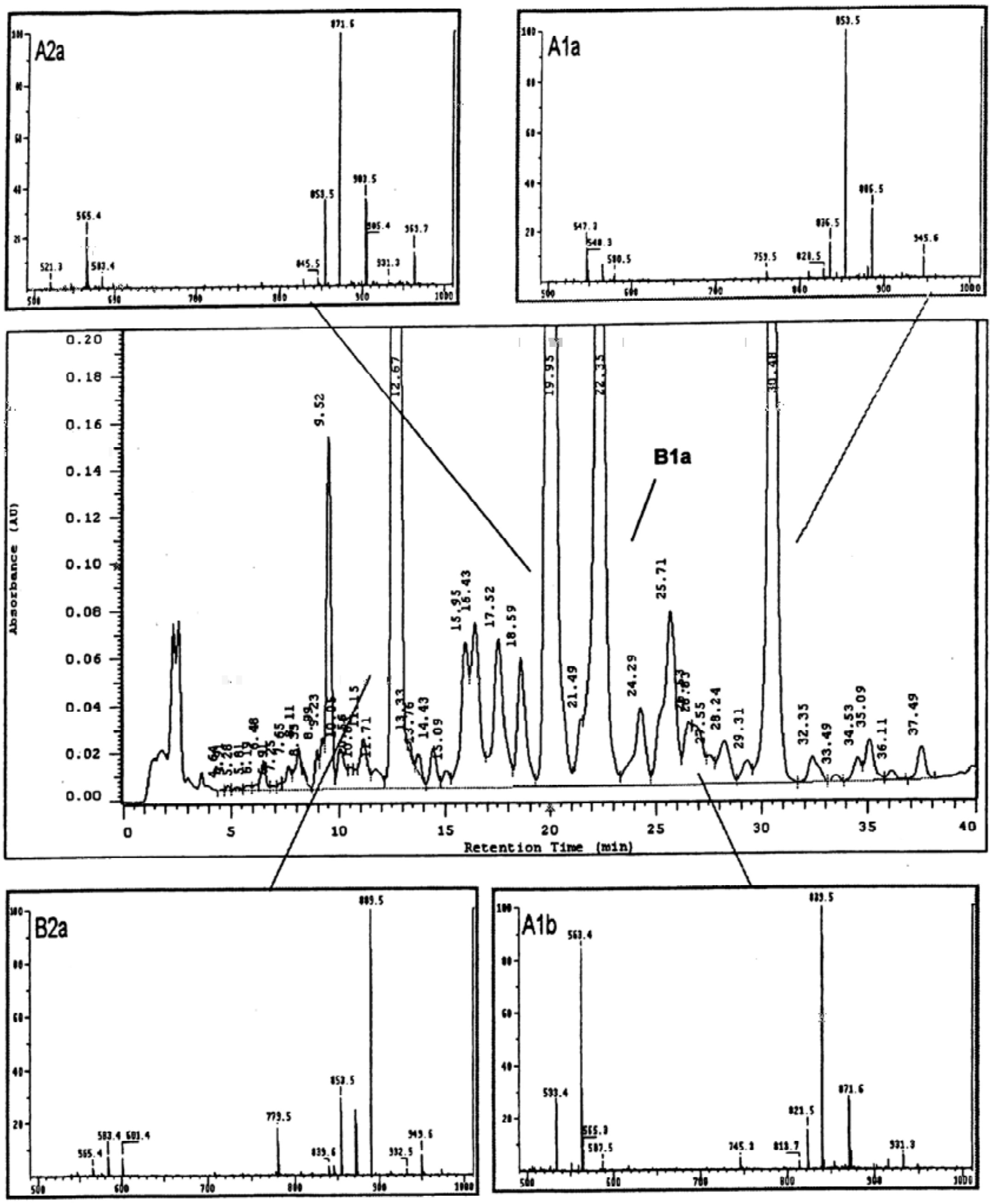


Fig. 5 The HPLC chromatogram and LC/MS spectra of unregistered avermectin impurities (A1a, A1b, A2a and B2a)

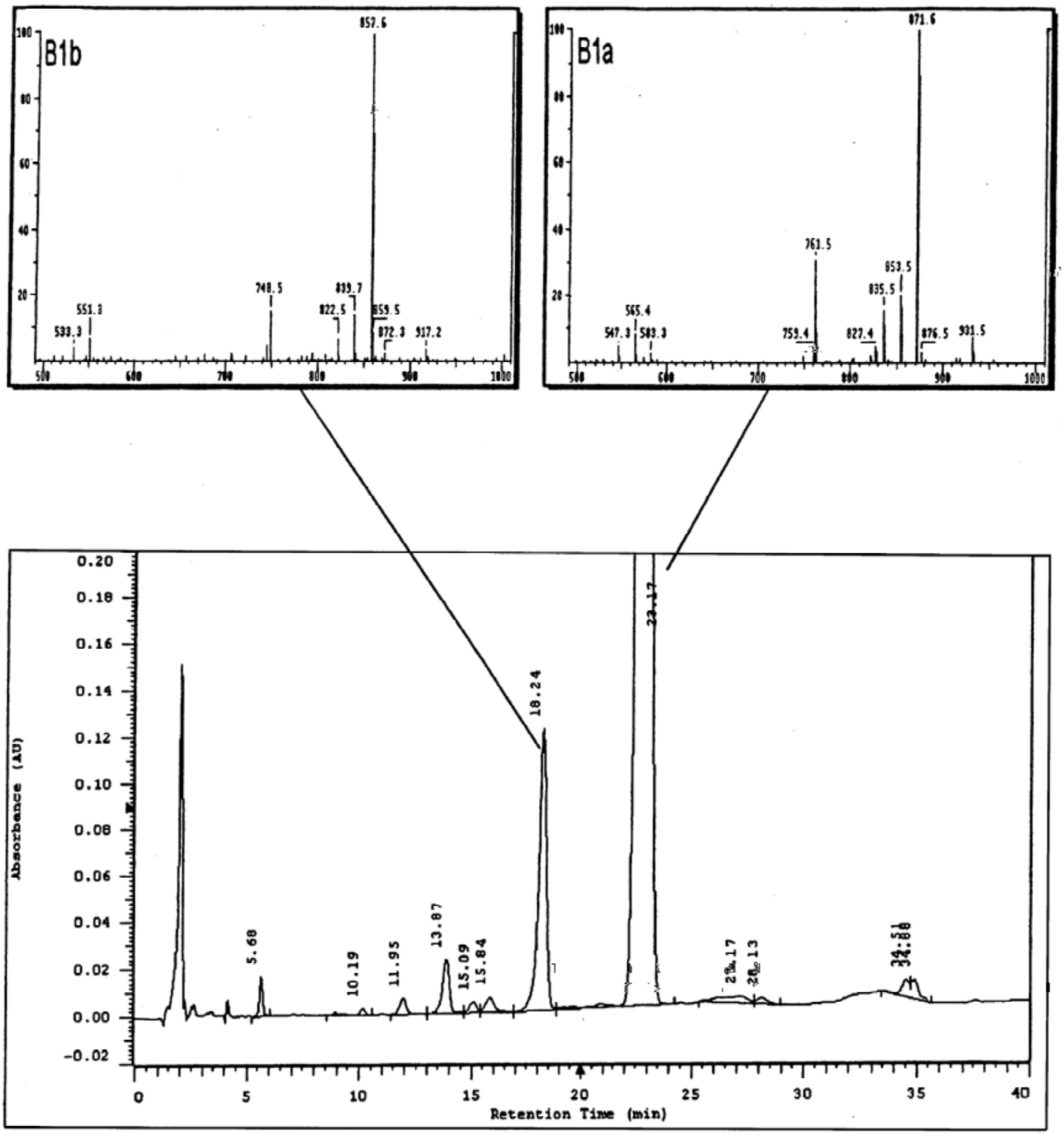


Fig. 6 The HPLC chromatogram and LC/MS spectra of the genuine abamectin (avermectins B1a and B1b)

Table 3. Comparison of toxin contents of genuine abamectin and its generic products toxin contents

Toxin content	% Content in Abamectin	Generic products (samples 1~12), % contents of individual toxin											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Hsichou	Ziguan	Hsinkan	Hsihu-1	Lunbei	Hsihu-2	Erlung-1	Tziton-1	Erlung-2	Hsilo	Luchu	Peitou
B1a	1.87	1.27	2.95	0.52	1.11	0.63	0.85	1.79	1.31	1.31	0.24	1.75	1.39
B1b	0.12	0.04	0.32	0.02	0.08	0.0	0.0	0.10	0.12	0.11	0.02	0.09	0.12
Abamectin(B1a+B1b)	1.99	1.31	3.27	0.54	1.19	0.63	0.85	1.89	1.43	1.42	0.26	1.84	1.51
B1a/B1b	94/6	97/3	90/10	96/4	93/7	100/0	100/0	95/5	92/8	92/8	92/8	95/5	92/8
A1a	0.01	2.39	2.68	0.83	0.60	0.65	1.27	1.29	1.66	1.47	0.23	0.75	1.54
A1b	0.003	0.09	0.17	0.04	0.03	0.03	0.08	0.09	0.08	0.07	0.01	0.09	0.07
A2a	0.004	4.13	3.98	2.16	1.23	1.44	2.91	2.28	3.03	2.80	0.44	2.25	3.19
B2a	0.02	2.09	2.76	1.86	0.79	1.25	0.08	2.44	2.69	2.44	0.85	2.45	2.89
Total avermectin	2.03	10.01	12.86	5.43	3.84	4.00	5.19	7.99	8.89	8.20	1.79	7.38	9.20
Active Ingredient	(%)												
B1a	92.2	12.7	22.9	9.6	28.9	15.8	16.4	22.4	14.7	16.0	13.4	23.7	15.1
B1b	6.0	0.4	2.5	0.4	2.1	0.0	0.0	1.3	1.3	1.3	1.1	1.2	1.3
Abamectin(B1a+B1b)	98.2	13.1	25.4	9.9	31.0	15.8	16.4	23.7	16.1	17.3	14.5	24.9	16.4
A1a	0.5	23.9	20.8	15.3	15.6	16.3	24.5	16.1	18.7	17.9	12.8	10.2	16.7
A1b	0.1	0.9	1.3	0.7	0.8	0.8	1.5	1.1	0.9	0.9	0.6	1.2	0.8
A2a	0.2	41.3	30.9	39.8	32.0	36.0	56.1	28.5	34.1	34.1	24.6	30.5	34.7
B2a	1.0	20.9	21.5	34.3	20.6	31.3	1.5	30.5	30.3	29.8	47.5	33.2	31.4

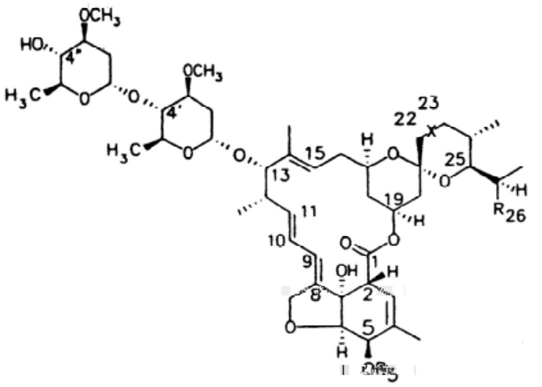
Toxin content	% Content in Abamectin	Generic products (samples 13~23), % contents of individual toxin										
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
		Huwei-1	Huwei-2	Huatan	Tenwei	Yuanlin	Tziton-2	Tziton-3	Beitou-1	Beitou-2	Yongin	Pusin
B1a	1.87	0.55	0.92	0.69	1.17	0.88	1.57	0.93	1.19	1.65	0.71	1.71
B1b	0.12	0.01	0.09	0.05	0.10	0.05	0.08	0.05	0.10	0.14	0.07	0.08
Abamectin(B1a+B1b)	1.99	0.56	1.01	0.74	1.27	0.93	1.65	0.98	1.29	1.79	0.78	1.79
B1a/B1b	94/6	98/2	91/9	93/7	92/8	95/5	95/5	95/5	92/8	92/8	91/9	96/4
A1a	0.01	0.82	1.97	0.30	1.49	0.88	1.60	0.45	0.69	1.49	1.78	2.13
A1b	0.003	0.05	0.04	0.0	0.09	0.0	0.05	0.05	0.04	0.08	0.03	0.08
A2a	0.004	2.12	2.05	0.65	2.84	1.56	2.88	0.96	1.65	2.74	1.40	3.83
B2a	0.02	1.86	1.74	1.02	2.50	1.20	2.02	0.72	1.21	2.28	1.19	2.49
Total avermectin	2.03	5.41	6.81	2.71	8.19	4.57	8.20	3.16	4.88	8.38	5.18	10.32
Active Ingredient	(%)											
B1a	92.2	10.2	13.5	25.5	14.3	19.3	19.1	29.4	24.4	19.7	13.7	16.6
B1b	6.0	0.2	1.3	1.8	1.2	1.1	1.0	1.6	2.0	1.7	1.4	0.8
Abamectin(B1a+B1b)	98.2	10.4	14.8	27.3	15.5	20.4	20.1	31.0	26.4	21.4	15.1	17.3
A1a	0.5	15.2	28.9	11.1	18.2	19.3	19.5	14.2	14.1	17.8	34.4	20.6
A1b	0.1	0.9	0.6	0.0	1.1	0.0	0.6	1.6	0.8	1.0	0.6	0.8
A2a	0.2	39.2	30.1	24.0	34.7	34.1	35.1	30.4	33.8	32.7	27.0	37.1
B2a	1.0	34.4	25.6	37.6	30.5	26.3	24.6	22.8	24.8	27.2	23.0	24.1

The total avermectin content

Six avermectins, B1a, B1b, A1a, A1b, A2a and B2a (Figure 7) were found and analyzed. B1a and B1b are the registered components of original abamectin, while A1a, A1b, A2a and B2a are classified as avermectin impurities. In the registered formulation, the total content of B1a and B1b is limited to 2%, and total avermectin impurities should be 0.04% or less. The analysis result of generic products indicated that only sample 10 contained 1.79 % total avermectin, and the rest 22 samples contained 2.7~12.9% total avermectin as presented in Table 3.

The B1 composition analysis

Although the generic products contained 2 to 6 times more total avermectin than the registered 2% B1a/B1b active ingredient, 81% avermectins found in the generic products were A1a, A1b, A2a and B2a impurities (Table 4). The registered formulation contained 1.99% of B1 avermectin. In generic products, the B1 content is only 1.26%, or two-thirds of that of genuine abamectin (Table 4). In generic products, the B1a content ranged from 0.24% to 2.95% i.e., more than 10-fold difference was found between the lowest and the highest samples, and the content of B1b also varied significantly from 0% to 0.32%.



Avermectin	R_5	R_{26}	C_{22}–X–C_{23}
A_{1a}	CH_3	C_2H_5	–CH=CH–
A_{1b}	CH_3	CH_3	–CH=CH–
B_{1a}	H	C_2H_5	–CH=CH–
B_{1b}	H	CH_3	–CH=CH–
A_{2a}	CH_3	C_2H_5	$-CH_2-CH(OH)-$
A_{2b}	CH_3	CH_3	$-CH_2-CH(OH)-$
B_{2a}	H	C_2H_5	$-CH_2-CH(OH)-$
B_{2b}	H	CH_3	$-CH_2-CH(OH)-$
Ivermectin	H	>80% C_2H_5 <20% CH_3	$-CH_2-CH_2-$

Fig. 7 Chemical structures of different avermectins (from Campbell, 1989)

Table 4. Toxin contents of abametin and its generic products

Avermectins	% Content		
	Abamectin	Generic products	
		Ave. of 23 samples	Range
B1a	1.87	1.18	0.24~2.95
B1b	0.12	0.08	0.00~0.32
Total B1	1.99	1.26	0.26~3.27
Ratio of B1a/B1b	94:6	94:6	90:10~100:0
A1a	0.010	1.26	0.23~2.68
A1b	0.003	0.06	0.00~0.17
A2a	0.004	2.28	0.44~4.13
B2a	0.020	1.77	0.08~2.89
Total impurities	0.037	5.37	1.53~9.59
Total impurities/total avermectin	1.8	81.0	
Total impurities/B1	1.86%	426.2%	222%~906%

The ratios of B1a/B1b

In registered abamectin, the ratio of B1a/B1b is 94:6, and the averaged B1a/B1b ratio of 23 generic products is the same as the standard value, which stands at 94:6 (Table 4). However, for individual samples, the ratios varied from 90:10 to 100:0.

Contents of avermectin impurities

The biggest problem of unregistered avermectin impurities is they lack the toxicological information. When we inspected the unregistered avermectin impurities, significant difference was discovered between abamectin and its generic products. In abamectin, the total content of A1a, A1b, A2a and B2a is 0.037%, which is below the legal limit of 0.04%; but the total avermectin impurity in generic products is in average of 5.37% (Table 4) i.e., 145-fold more than the registered abamectin, or 134 times over the legal limit. In addition, the total impurities/B1 ratio of generic products varied from 222% to 906%, indicating the unpredictability of impurity content in each sample. The highest impurity content found in the samples is 9.5%, which is 240-fold higher than the legal allowable level.

The avermectin composition spectrum

Significant difference in composition spectrum was shown between the genuine abamectin and the generic products (Table 5). When compared the composition of avermectins, the ratio of B1a: B1b: impurities is 92.2: 6.0: 1.9, while the ratio is 17.8: 1.2: 81.0 for the generic products. The unregistered avermectin impurities i.e., A1a, A1b, A2a and B2a, constituents the major part of active ingredient in generic products with the A2a stands as the highest component, and the ratio of four impurity components are 0.6: 0.1: 0.2: 1.0 vs. 19.0: 0.9: 34.4: 26.7 for genuine and generic abamectin, respectively.

In all five aspects, significant differences were found between the genuine and the generic abamectin as we can conclude that the so-called generic products of abamectin should be considered as the significantly varied products from abamectin.

Table 5. Toxin compositions of abamectin and generic products

Avermectins	% Content	
	Abamectin	Generic products (Ave. of 23 samples)
B1a	92.2	17.8
B1b	6.0	1.2
A1a	0.6	19.0
A1b	0.1	0.9
A2a	0.2	34.4
B2a	1.0	26.7
Total	100.1	100.0

The generic products of abamectin have created several problems. First, the dominance of generic products in the market has eventually forced the abamectin manufacturer to withdraw the registration on DBM in 2001, hence in respect of abamectin, all farmers now have to use the illegal products with lower active ingredient and higher unregistered toxic impurities.

Second, the generic products introduced huge quantities of unregistered toxic residues on vegetables, and there is no toxicological information on avermectin impurities to assess the risk of consumers, hence render the pesticide residue regulation meaningless.

Third, the original-planned resistance management program had to be abandoned. When TARI detected the abamectin resistance in DBM, there's nothing could be done to slow down the resistance because the chaos of market. The monitoring results in Lu-chu and Hsi-hu areas from 1996 to 2001 indicated that the resistance in DBM continuously rose from 140~200-fold in 1996 to 2500~5000-fold in 2001 [2]. The development of resistance in pest definitely will pushed farmers to apply higher dosage of generic abamectin and consequently resulted in even more unregistered toxic residues on vegetables.

This study has confirmed that the currently marketed generic product of abamectin in Taiwan cannot be considered as the copy of abamectin, and rather is another complete different illegal pesticide with no regulation to control its safety.

The episode of abamectin demonstrated that the poor quality generic products could easily destroy the efforts of pesticide registration and regulation. Unfortunately, generic products usually are the synonym of poor quality, high impurities and other unstable characters. Its cheap price out-competes the name brand products, shortens the market longevity of a product because the producers do not care about the resistance management. Eventually, the outcome will discourage the research and development ambition of pesticide industry and result in a "bad-replace-good" effect. If we do not pay attention to this matter, there will be future crisis that renders the pesticide registration, regulation and application system to nothing.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks due to the technical assistance in the analysis of avermectin components from the Novartis Co. Ltd. This paper was presented at the 4th Asia Pacific Conference of Entomology, Kuala Lumpur, Malaysia, August 14-17, 2001.

REFERENCES

1. Campbell, W. C. 1989. Ivermectin and Abamectin. Springer-Verlag Press, New York. 363 pp.
2. Kao, C. H. and E. Y. Cheng. 2001. Insecticide resistance in *Plutella xylostella* L. XI. Resistance to newly introduced insecticides in Taiwan (1990~2001). J. Agric. Res. China 50: 80~89.
3. Lasota, J. A., and R. A. Dybas. 1991. Avermectins, a novel class of compounds: implications for use in arthropod pest control. Ann. Rev. Entomol. 36: 91-117.
4. Sun, C. N. 1992. Insecticide resistance in diamondback moth p. 419-426. In "Proceedings of the Second International Workshop on Diamondback Mothe and Other Crucifer Pests" (N. S. Talekar, ed.). AVRDC, Tainan, Taiwan, ROC.

類阿巴汀產品之成份研究[1]

鄭　允[2]　高靜華[2,3]　黃毓斌[2]

摘要

自從阿巴汀在本省登記以來，市面上經常可購得非法進口的類阿巴汀產品，即所謂的「黑藥水」，供農民防治蔬菜害蟲使用。此類產品低價且未經精煉，所含毒性成份究竟爲何，迄今仍不爲人知。本研究針對此一問題於田間取得37件樣品，並逢機取樣其中23件進行成份分析，於五方面進行比較：(1)總毒性成份及含量、(2)具毒理資料之成份(B1a及B1b)分析、(3) B1a及B1b成份及比率分析、(4)不具毒理資料成份(A1a、A1b、A2a及B2a)之分析及(5)各成份間比率分佈分析。結果顯示，類阿巴汀成品之毒性成份含量超過登記之阿巴汀2~6倍，但其中有81%爲未具毒理資料之毒性不純物(A1a、A1b、A2a及B2a)，而所含具毒理資料之B1a及B1b較阿巴汀低37%。23個類阿巴汀樣品之B1a/B1b平均值與阿巴汀相同，但樣品間之變動極大，在90:10至100:0之間。不具毒理資料之毒性成份超過法訂標準134倍，且因小菜蛾對此類毒物已產生2500~5000倍之抗藥性，在合法之阿巴汀撤銷其登記後，超量使用類阿巴汀產品將造成蔬菜上殘留大量未具毒理資料之殘毒，對消費者安全造成潛在之威脅。

關鍵詞：阿巴汀、類阿巴汀、毒性不純物、成份分析、農藥管理。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2103號。接受日期：91年1月15日。
2. 本所應用動物組研究員、副研究員及助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者；電子郵件：chkao@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(04)23309097。

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 56～60 (2002)

小年全株疏果對檸檬後續產量的影響 [1]

黃阿賢 [2]

摘要：在嘉義地區，'Eureka' 檸檬於小年之四月中旬生理落果期間完全疏果，並無促進開花、調節產期之作用。疏果者當年大幅減產，次年五月及九月之產量較對照植株高，其中五月者有顯著差異，九月者未達顯著差異。顯示完全疏果對產量之影響，至次年之主要產期（九月）已不明顯。枝梢修剪量，不論新梢（一年生以內）或老枝（一年生以上），疏果植株平均分別較未疏果者多，但未達顯著差異。

關鍵詞：檸檬、全株疏果、產量、調節產期。

檸檬具周年開花的特性，且可利用乾旱或藥劑處理 (3, 12, 14, 19, 23) 來促進或抑制花芽分化，以調節產期。由於檸檬採收成熟度主要依據果實體積與果汁含量，且產期改變對果實品質的影響較不明顯，栽培措施只要能改變產期，多具有實用價值。果實的存在爲柑橘植株本身抑制花芽分化的重要因素 (2, 9)，果實越大，此一效應越明顯 (23)。結果越多的植株或枝條，其開花比率越低 (6, 18, 20, 23)。結果過多可導致隔年結果，疏果爲直接緩和此一問題的栽培措施 (4, 15, 16, 20)；提早採收亦可增加次年之開花數 (7)，或產量 (8)。在臺灣南部，檸檬於秋季修剪並全部疏果可促進開花、調節產期 (1)。然本省檸檬主要生育週期爲春季開花秋季成熟。本試驗探討檸檬在春季結果初期之生理落果期間全株疏果，對後續產期與產量的影響。

本試驗於嘉義農業試驗分所進行。供試植株爲實生柚砧之8年生 'Eureka' (*Citrus limon* [L.] Burm. f.) 檸檬，株行距3.5 × 5.0公尺，計種植12株，試區爲10.5 × 20公尺，其中1株樹勢較弱，未列入調查。試驗爲完全逢機之設計。處理植株4重複，對照植株7重複，每重複1株。植株採行籬壁式(hedgegrow)之修剪，長寬高分別爲3、4、3.2公尺。1998年植株盛花期爲2月底，處理植株於4月14日全株人工疏果一次。摘下之果實以製圖之圓圈板 (Hope Graph 4-H101) 按橫徑分級（數量如表一），對照植株未疏果。試區管理與一般柑園相同，必要時充份灌溉。果實按當地之採收習慣，於果皮由綠轉淡綠色時採收。大多數果實發育相近，1998年於9月14日採收、修剪，次年5月及9月再分別採收、計算果實數與產量。修剪時參照一般柑橘修剪原則實施，突出原有樹冠外者均予修剪，剪下之枝梢分爲新梢（一年生以內）或老枝（一年生以上），調查鮮重。

處理植株全株疏果，所摘除之果實，橫徑小於36mm者佔98.0%，小於22mm者佔49.4%（表一），即絕大多數爲當年2月下旬盛花所結實者，平均每株疏果711個。對照植株當年九月中旬平均每株收穫果實173.6個（表二），顯示四月中旬後仍有四分之三之幼果脫落。由田間觀察，疏果後，無論處理或對照植株雖陸續有零星花朵形成，但無明顯而集中之開花期。果實主要採收期爲九月中旬，與往年相同。九月收穫量，全株疏果者平均每株25果、重3.7公斤，應是疏果後，當年再開花者；對照

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2014號。接受日期：91年3月29日。
2. 本所嘉義分所副研究員。臺灣省　嘉義市。電子郵件：hwangas@dns.caes.gov.tw；傳眞：(05)2773630。

表1. 處理植株疏果之數量[z]

Table 1. Number of fruit thinned in treatment trees

Equatorial diameter (mm)	No. of fruit / tree	Fruit weight (g/tree)
<22	351 ± 117	1035 ± 306
22~36	351 ± 122	4915 ± 1698
>36	8.5 ± 4.4	463 ± 274

[z] Fruits were stripped on April 14th, 1998. Means were the average of 4 trees (± SD).

表2. 全株疏果對檸檬產量的影響[z]

Table 2. Effect of fruit stripping on yield of 'Eureka' lemon

Treatment	Date of harvest						
	Sep. 14, 1998		Nov. 25,1998	May 17, 1999		Sep. 16, 1999	
	No. fruit	Yield[y]	No. fruit	No. fruit	Yield	No. fruit	Yield
Stripping	25.0	3.7	8.3	31.0	5.3	879.0	118.9
Control	173.6	27.2	43.4	10.4	1.9	689.0	101.1
P-value	0.1%	0.1%	3.0%	0.2%	0.1%	9.3%	23.0%

[z] Stripping: All of the fruits were thinned on April 14, 1998. Stripping and control were 4 and 7 replications, respectively.

[y] Yield: kg/tree.

植株173.6果、重27.2公斤，均有極顯著差異。11月下旬採收量，全株疏果者平均每株8.3果，對照植株43.4果，有顯著差異。次年兩次收穫量均以全株疏果者較多。五月平均每株之收穫量，全株疏果者與對照植株分別爲31.0果、5.3公斤重與10.4果、1.9公斤重，有極顯著或顯著差異。次年九月之收穫量兩處理分別爲879.0果、118.6公斤重與689.0果、101.1公斤重，差異不顯著（表二）。本試驗結果顯示，在充份供水之自然環境下，於春季完全疏果，當年產量銳減，但並無促進開花、調節產期的作用。完全疏果之減產效應，至次年之主要產期（九月）已不明顯。

諸多環境或植株本身的因子可影響柑橘類花芽分化與形成，其中果實的存在，爲植株本身抑制花芽形成的重要因素[2, 9]。結果越多的植株或枝條，其開花率越低[6, 18, 20, 23]。與檸檬生育習性相同之萊姆，在果實橫徑達0.75至3.0cm間即可抑制花芽分化[23]。本試驗在疏果時，一半的果實橫徑已達2.2cm（表一），抑制花芽分化之效應很可能已形成。柑橘類在低溫與乾燥之環境下進行花芽分化[17, 22]。本試驗疏果後至當年採收（四月下旬至九月中旬），旬平均氣溫均在25℃以上（農業氣象旬報，中央氣象局），且無採取乾旱、藥劑處理等促進花芽分化之措施，亦無低溫等促進花芽分化之環境條件配合，完全疏果未能誘導開花。然檸檬於秋季疏果並修剪徒長枝可促進開花，於一個半月後達盛花期[1]。與檸檬生育習性相同之萊姆，在促進花芽分化之過程中，修剪枝梢並未能影響開花量[23]，因此，處理時期植株生育狀況與處理後氣候上的差異，可能爲本試驗與其效果不同之主要因素。

本試驗，植株於疏果當年九月採收後予以修剪。完全疏果者之修剪量，無論一年生以內枝梢、一年生以上枝梢或其合計，平均分別較對照植株多，可能因重複數較少（4重複），致差異不顯著（表三）。但減少果實並不能使得柑橘枝葉生長量呈相同比率增加。柑橘[11]或其他果樹[13]在減少果實等蓄積器官的情況下，淨光合作用速率明顯減低。葡萄柚葉/果比增加至一定程度後，果實的生長與枝條中碳水化合物含量之增加即趨減緩或停滯[5]。此顯示柑橘光合作用有回饋控制的現象，且小年植株根、莖、葉中碳水化合物含量均可達大年者之數倍[6]。雖然柑橘果實較枝葉有較強的生長優勢，結果越多者，枝葉生長量越少，但除非著果量差異大，否則全株之乾重差異有限[10]。本試驗前一年，即1997年之平均產量，處理植株362.0 ± 64.5、對照植株369.6 ± 84.5個果實。處理當年產量較少，對照株平均之收穫量計232.2個果實，而次年爲699.4個。即疏果當年屬小年，處理與對照植株間結果量之差異相

表3. 全株疏果對檸檬修剪量的影響[z]

Table 3. Effect of fruit stripping on pruning quantity of 'Eureka' lemon

Treatment	Old shoot	Young shoot	Total
Stripping	11.7 ± 1.7	32.9 ± 7.1	44.6 ± 5.8
Control	9.3 ± 4.6	24.8 ± 10.1	33.1 ± 13.6

[z] Trees were pruned on September 15th, 1998. Shoots were separated as young (less than one year old) or old (more than one year old). Means were the average of 4 trees (± SD).

對較小，此亦可解釋完全疏果者，當年枝梢生長量較預期爲少。Roger與Booth [19] 之調查結果，蘋果產量與當年枝梢生長亦無相關性。本試驗結果顯示，檸檬於小年之春季疏果並無促進開花、調節產期之作用，且當年大幅減產。而柑橘在大年期間，因大量的開花與結果，消耗許多養分或其他因素，導致次年開花甚少 [6, 18, 20, 23]；開花量多者，即使疏果至相同的葉果比，成熟時果實仍較小 [16]，顯示開花至幼果生長之過程，對後續生長有相當影響，尤其是開花量大者。因此，預期檸檬於大年春季之幼果期完全疏果，以促進開花、調節產期之可能性，不高於小年之相同處理。

引用文獻

1. 邱祝櫻。1999。修剪對檸檬及四季橘產量及產期之影響。台灣農業試驗研究成果年報。P.43。台灣省政府農林廳編印。
2. 張育森。1986。柑橘之開花生理。中國園藝32(2): 71-84。
3. 劉邦基。1985。檸檬產期調節 I.以乾旱和藥劑處理法提高Eureka檸檬冬花數量之研究。果樹產期調節研討會專輯。p.21-29。台中區農改場特刊第1號。
4. EL-Zoftawi, B. M., and D. R. Thornton. 1975. Effect of rootstocks and fruit stripping on alternate bearing of Valencia orange trees. J. Hort. Sci. 50: 219-226.
5. Fisher, M., E. E. Goldschmidt and S. P. Monselise. 1983. Leaf area and fruit size on girlded grapefruit branches. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(2): 218-221.
6. Goldschmidt, E. F., and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(2): 206-208.
7. Hield, H. Z., and R. H. Hilgeman. 1969. Alternate bearing and chemical fruit thinning of certain citrus varieties. Proc. 1st Int. Citrus Symp. Vol. 3: 1145-1153.
8. Jones, W. W., T. W. Embelton, M. L. Steinacker and C. B. Cree. 1970. Carbohydrates and fruiting of Valencia orange trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(3): 380-381.
9. Karjewski, A. J., and E. Rabe. 1995. Citrus flowering: A critical evaluation. J. Hort. Sci. 70(3): 357-374.
10. Lenz, F. 1967. Relationships between the vegetative and reproductive growth of Washington navel orange cuttings (*Citrus sinensis* L. Osbeck). J. Hort. Sci. 42: 31-39.
11. Lenz, F. 1978. Photosynthesis and respiration of citrus as dependent upon fruit load. Proc. Int. Soc. Citriculture.70-71.
12. Maranto, J., and K. Hake. 1983. Verdelli: A method of forcing lemon production. Citrograph 68(4): 141-142.
13. Marquard, R. D. 1987. Influence of leaf to fruit ratio on net quality, shoot carbohydrates, and photosynthesis of pecan. HortScience 22(2): 256-257.
14. Monselise, S. P., R. Goren and A. H. Halevy. 1966. Effect of B-nine, Cycocel and Benzothiazole oxyacetate on flower bud induction of lemon trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 141-146.
15. Morioka, S. 1987. Influences of fruit load and fruit thinning treatment on the fruit character, the shoot growth and flower bud formation in the following season in young Satsuma mandarin trees. J. Japan Soc. Hort. Sci. 58(1): 97-103.
16. Morioka, S., and S. Yahata. 1989 Influence of fruit load just before fruit thinning on fruit size, yield and flower bud formation in Satsuma mandarin. J. Japan Soc. Hort. Sci. 56(1): 1-8.

17. Moss, G. I. 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange. J. Hort. Sci. 44: 331-320.

18. Moss, G. I. 1971. Effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange. J. Hort. Sci. 46: 177-184.

19. Nir, I., R. Goren and B. Leshem. 1972. Effect of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyltrimethylammionumchloride (CCC) on flower differentiation in 'Eureka' lemon trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(6): 774-778.

20. Ogaki, C. K., K. Fujita and H. Ito. 1963. Investigation on the cause and control of alternate bearing of Unshiu orange trees. Effect of fruiting in the previous season on the flower formation. J. Japan Soc. Hort. Sci. 32(1): 13-19.

21. Rogers, W. S., and G. A. Booth. 1964. Relationship of crop and shoot growth in apple. J. Hort. Sci.39: 61-65.

22. Southwick, S. M. and T. L. Davenport. 1986. Characteristics of water stress and low temperature effects on flower induction of citrus. Plant Physiol. 81: 26-29.

23. Southwick, S. M., and T. L. Davenport. 1987. Modification of the water stress-induced floral response in 'Tahiti' lime. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 (2): 231-236.

Effect of Fruitlet Stripping in Off-year on Subsequent Yield of 'Eureka' Lemon [1]

A-Shiarn Hwang [2]

Summary

Fruits of 'Eureka' lemon (*Citrus limon* [L.] Burm. f.) were stripped during physiological fruit drop period (mid-April) for forcing production. However, no effective result was obtained. Yields of treatment trees were significantly reduced in current year and they were higher in the following year. In controlled trees, the weight of pruned shoot in current year were higher, but there were not significantly different compared with those of the treated.

Key words : Lemon, Fruit stripping, Yield, Forcing production.

---

1. Contribution No.2104 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted by March 29. 2002.

2. Associate Horticulturist, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
E-mail: hwangas@dns.caes.gov.tw; Fax:(05)2773630.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 51(1): 61～74 (2002)

不同著果枝條對楊桃果實發育與貯藏品質之影響[1]

劉碧鵑[2] 楊耀祥[3,4] 王德男[2] 王子慶[2]

摘要：本研究主要探討'秤錘'楊桃 (*Averrhoa carambola* L.) 不同著果枝條果實在發育過程中外觀形態、內部組成分之變化與其貯藏品質的比較。調查結果顯示，'秤錘'楊桃果實在發育期間並無生長停滯期，生長曲線呈單S型。5月開花的果實其果長、稜厚、稜寬及周長在花後1週即快速增加，鮮重及體積則於花後3週起開始快速上升，可溶性固形物直到花後7週起才開始迅速累積，在花後10週其外觀形態增長速率已趨於緩和，可視爲進入生理成熟期，果實顏色的變化亦由發育中期的暗綠色逐漸轉變爲完熟期的全黃色。在內部成分的變化上，水分含量、可溶性固形物及醣類含量等均隨果實發育而增加，而硬度、可滴定酸則隨著果實的發育而降低。果實著生的枝條部位間，老枝所著生的果實比新枝者有較大的果重及體積，稜寬也較大，果形呈短橢圓形，著色較淺；在內容物組成上，老枝所著生的果實可溶性固形物及醣類含量較低，可滴定酸及硬度較高；在貯藏品質上，室溫下第1週老枝果實的失水率較低，但之後卻較高於新枝；至於果實經5℃、21日的冷藏後，再移至室溫19日後之失水率則以新枝果實較高於老枝。

關鍵詞：楊桃、果實生長、果實品質。

前　言

楊桃 (*Averrhoa carambola* L.) 屬於楊桃科 (Averrhoaceae) 多年生的常綠熱帶果樹，可能原生於東南亞或南亞一帶[26]，因其心皮合生且雌蕊離生，子房因而形成凸起的稜條，而使其橫切面呈現星形，故又名星星果 (star fruit)、五斂子、五稜子[15,26]等。由於楊桃的貯藏壽命長達42日以上[14]，加上不論是在鮮食或加工的用途上均相當廣泛[7]，使得楊桃被評估爲具有抵禦WTO進口水果衝擊的果樹種類。展望未來爲提高國產楊桃的市場競爭力，拓展楊桃的外銷市場，高品質的楊桃果品需求將日益殷切[1]。

楊桃爲幹生花樹種[3,17,27]，全株各枝條均具有開花著果的能力。而由於開花著果部位的不同，果實的風味與品質也稍有差異；其中由主幹所著生的果實，單果重最大，但果實品質最差；而一、二年生枝及新梢所結的果實單果重較小，但在果實的品質上因糖度高，酸澀味低，風味最爲優良[3,4]。

'秤錘'爲台灣目前楊桃栽培面積最廣的栽培種[16]，其果實雖略具澀味，纖維也粗，但其果稜較爲硬實耐擦壓傷，具有運輸性強、冷藏貯存期限長、耐低溫檢疫處理及寒害症狀發生率等優點[1]，而仍被農友廣爲種植，且爲目前楊桃外銷美國的選定品種，短時間之內不易被其它品種取代，因此本研究

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2105號。接受日期：91年3月6日。

2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所果樹系助理研究員、果樹系研究員兼系主任、經營利用系助理。臺灣省　鳳山市。

3. 國立中興大學園藝系教授。臺灣省　臺中市。

4. 通訊作者；電子郵件：ysyang@dragon.nchu.edu.tw；傳眞機：(04)22851320。

乃以‘秤錘’爲材料，著手研究建立楊桃果實的生長資料，藉由果實發育成熟與品質的關聯性，尋求可供作爲採收適期的參考依據，同時針對著果部位上的差異，調查果實的生長、內容物成分與貯藏品質等資料，期能做爲果農在生產管理或外銷選果作業上的參考，並提供進一步研究的基礎，以期達到穩定產量，提高果實品質的目標。

材料與方法

試驗材料及取樣方法

供試材料爲種植於鳳山熱帶園藝試驗分所品種保存園25年生左右之‘秤錘’楊桃，砧木品種可能爲酸味種，樹高2m，行株距爲7m × 7m，採用水平棚架整枝栽培，以其中樹勢相近植株5株作爲調查用樹。果長7公分左右（花後4週）開始套袋。果園管理爲使用40Kg蓖麻粕/株及永任豐利有機肥 (N : P : K = 4 : 2 : 5) 10Kg/株做爲基肥，著果期間以台肥43號 (N : P : K : Mg = 18 : 18 : 18 : 5) 1Kg/株分次施用爲追肥。果實貯藏調查取自彰化百果山黃瑞芳農友生產之30年生以上‘秤錘’楊桃，該園土質爲山坡礫質壤土，採行水平棚架整枝，行株距6m × 7m，樹高1.8m。果實生長調查爲：於開花盛期只留下當天（1999年5月14日）所開的花朵，其餘則全部剪除，而後每隔1週取樣10粒大小相似果實，至果皮轉爲黃色落下爲止。取樣部位判別標準爲：枝條直徑大於1.5cm、顏色深褐者爲老枝（包括主幹、主枝、亞主枝及側枝），而枝條直徑1.4cm以下、顏色淡褐者爲新枝（主要爲去年生結果枝及新梢）。果實調查分析自5月21日起至8月13日止，共計調查14週。貯藏品質調查：於同年9月分進行，果實於全果轉黃70%時，分別依不同著果枝條部位（同新枝及老枝標準）進行採收，果實大小取樣標準爲300~350g，經去紙袋後加套塑膠袋，當日裝箱運回試驗所，次日開始調查失水率，每處理各爲15個果實，重複3次，分別進行室溫 (28~32℃) 及5℃冷藏21天後套袋果之失水率調查。

調查項目及方法

果實發育之調查，1. 果實鮮重 (g) 及體積 (cm^3)：單果重利用電子天秤測量；體積以排水法利用量筒測得。2. 果實長度 (cm)、周長 (cm)、稜厚 (cm) 及稜寬 (cm)：果長利用電子游標尺測量果稜之果肩與果尾間的直線長度；周長以布尺測赤道部位果稜之圓周長度；稜厚爲取其中1個果稜之赤道部位，測量2個稜溝間之寬度，2重複，取其平均值；稜寬亦爲取其中1個果稜之赤道部位，測量稜溝至稜邊之長度，2重複，取其平均值。3. 果肉細胞層數：以徒手切片後在顯微鏡下觀察赤道部稜厚及稜高之細胞層數。

果實品質之調查，1. 果皮顏色：自花後第9週開始取樣，每粒逢機選取果肩、赤道、果尾部份的稜邊、稜面處共計6點測量，以比色計（Color and Color Difference Meter；日本電色工業會社；Model ND-300A），分別測定L、a、b值。所使用之標準板爲Y = 100.14，X = 93.91，Z = 91.88。計算方法爲$L = 10Y^{1/2}$，$a = 175(100X/Xn - Y)/L$，$b = 70(Y - 100Z/Zn)L$。3重複，取其平均值。+a = 紅色，–a = 綠色，+b = 黃色，–b = 藍色。由其數值表示果皮色澤的深淺[26]。2. 果稜硬度 (g)：利用萬能物性分析儀，記錄以3 ψ 穿透果實5mm之力量，測量部位爲近果肩、赤道及果尾部位之稜溝及稜邊處果肉，共計6點，3重複，取其平均值。3. 果實水分含量 (%)：（果實鮮重-果實乾物重）/果實鮮重× 100%。4. 果汁可溶性固形物 (°Brix)：分別取果肩、赤道及果尾部位果實榨取汁液，以手持屈折計測定後，取其平均值。5. 果汁可滴定酸度 (%)：取赤道部果肉經榨汁後，記錄pH到達8.1所需之NaOH滴定量，滴定結果以蘋果酸 (malic acid) 換算表示。6. 醣類分析：樣品經12,000rpm離心過濾後，上層澄清液以0.45μm濾膜過濾，取20μl樣品，注入Shimadzu LC-6A高效液相層析儀進行分析。分析儀設定動相流速爲1.0ml/min，分離管P-NH_2 column TSK-Gel、檢測器爲Shimadzu RID-6A，移動相爲去離子水。7. 糖酸比：可溶性固形物與可滴定酸之比值。

果實貯藏性調查，1. 失水百分率：於室溫下每隔2-3日以電子天平測量果重，至果實完全腐爛爲

止。(1) 室溫下之失水百分率 (%) = 1 －（原始調查期間之果實重量/果實原始重量）× 100%。(2) 冷藏貯藏後之失水百分率 (%)：將果實貯放於 5℃之冷藏庫 21 日後，測量自冷藏庫取出後再置室溫下之每日失水百分率及罹病率，至果實腐爛爲止。2. 黃化指數調查：採用 Minolta Camera Co. Ltd.出品之 Chromameter (CR-100)，測赤道部果稜之 L（明度數值）、a（紅綠互補色，其值介於 +50~-50）、b（黃藍互補色，其值介於 +50~-50）值。

結　果

果實生長期間的物性變化

鮮重及體積：‘秤錘’楊桃果實之鮮重（圖 1）與體積（圖 2）的變化，在發育期間並無生長停滯現象，著果初期重量及體積的增加較爲緩慢，呈現單 S 型生長曲線。體積的變化在花後 3 週開始快速增加，花後 9 週的增加速度尤其快速，10 週以後又漸趨平緩，直至果實採收爲止。鮮重的變化曲線與體積大致有相似的結果。不同著果部位果實的生長速率差異並不明顯，整個果實鮮重與體積發育週期，老枝果實稍大於新枝果實，平均約 8%。

果長、周長、稜厚及稜寬：‘秤錘’楊桃果實之果長、周長、稜厚及稜寬的變化（圖 3、4、5），均有相似的結果，花後初期即呈斜線快速增加，花後 12 週以後發育方才趨於平緩。生長期間不同著果部位的果實除稜厚以外，稜寬、周長、果長等外觀上的變化均以老枝果實數值較新枝爲大，但差異並不顯著。

‘秤錘’楊桃果肉細胞層數：‘秤錘’楊桃果實赤道部稜厚及稜高果肉細胞層數的調查結果如表 1

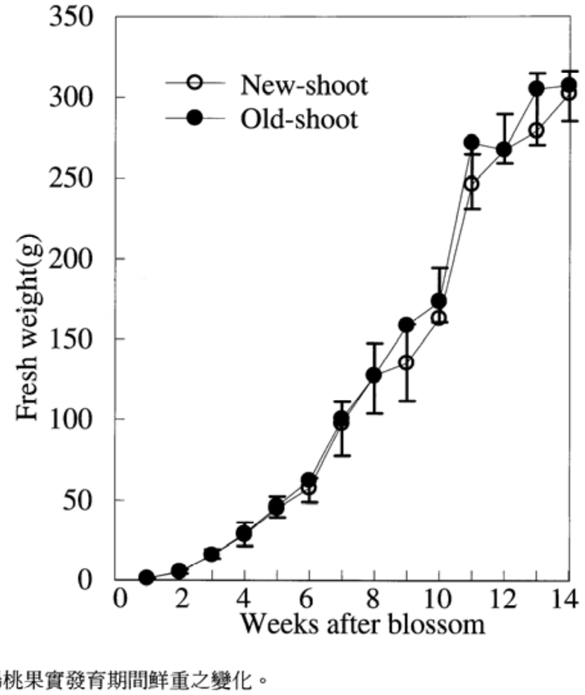


圖 1.‘秤錘’楊桃果實發育期間鮮重之變化。

Fig.1. Development changes in fresh weight of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

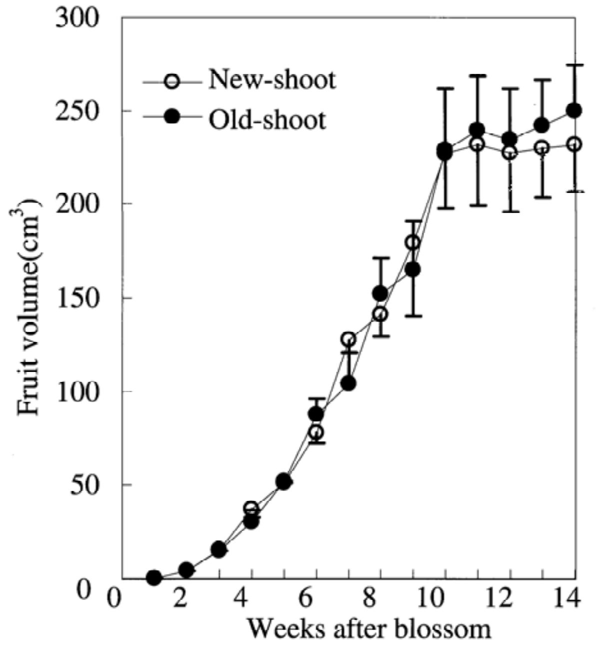


圖2. ‘秤錘’楊桃果實發育期間體積之變化。

Fig.2. Development changes in fruit volume of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

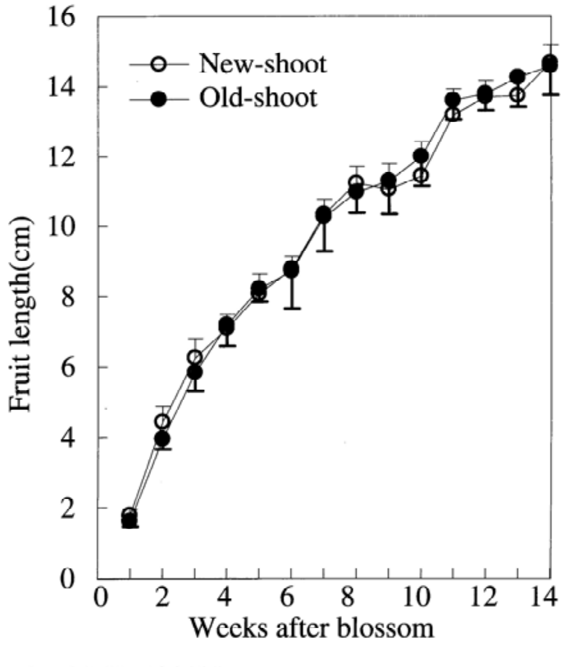


圖3. ‘秤錘’楊桃果實發育期間果長之變化。

Fig.3. Development changes in fruit length of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

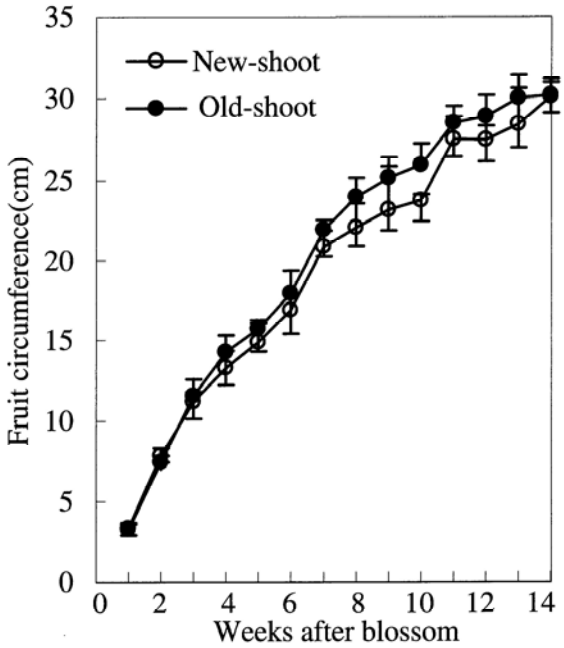


圖4. ‘秤錘’楊桃果實發育期間周長之變化。

Fig.4. Development changes in fruit circumfence of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

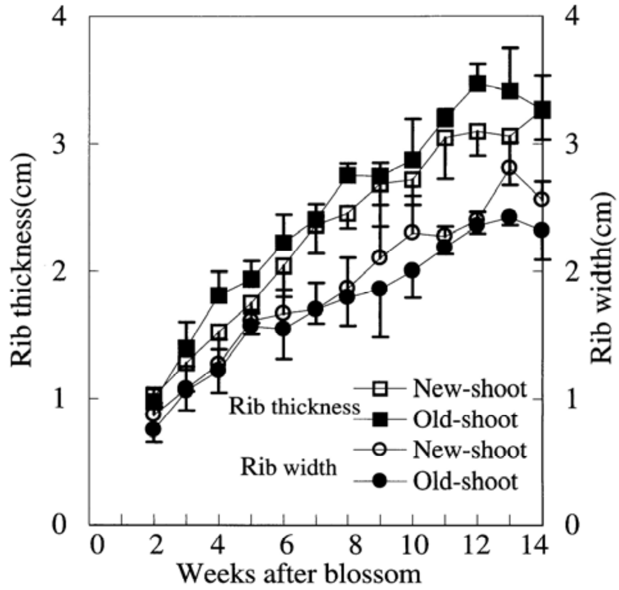


圖5. ‘秤錘’楊桃果實發育期間稜厚與稜寬之變化。

Fig.5. Development changes in rib thickness and rib width of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

表1. '秤錘' 楊桃果實稜高及稜厚細胞層數之變化

Table 1. Changes of cell layer number in rib of 'Chun-Choi' carambola fruits during development

Weeks after blossom	Rib thickness cell layer		Rib depth cell layer	
	Old-shoot	New-shoot	Old-shoot	New-shoot
1	62	59	180	175
2	63	60	185	182
3	63	60	185	182
4	63	60	185	182
5	63	60	185	182
6	63	60	185	182

表2. '秤錘' 楊桃果實發育期間果皮顏色之變化[z]

Table 2. 2.Changes in skin color of 'Chun-Choi' carambola fruits during development[z]

Bearing shoot	Weeks after blossom	Color[z]		
		L	a	b
Old-shoot	9	40.3 ± 2.2	- 7.5 ± 0.8	14.7 ± 1.6
	10	41.6 ± 3.1	- 6.2 ± 1.5	14.5 ± 0.7
	11	37.9 ± 1.9	- 3.0 ± 1.3	13.5 ± 0.6
	12	37.8 ± 0.5	- 2.1 ± 0.3	14.8 ± 1.0
	13	37.3 ± 0.4	- 2.0 ± 0.1	13.9 ± 0.6
	14	38.1 ± 1.0	- 1.9 ± 0.6	13.5 ± 0.1
New-shoot	9	42.9 ± 1.6	- 3.9 ± 1.3	15.1 ± 0.5
	10	41.7 ± 1.6	- 4.8 ± 0.9	15.6 ± 1.2
	11	40.3 ± 1.2	- 3.7 ± 0.9	14.8 ± 1.3
	12	37.8 ± 0.5	- 2.1 ± 0.9	14.5 ± 1.0
	13	37.5 ± 0.8	- 2.0 ± 0.3	14.6 ± 0.6
	14	36.8 ± 2.2	- 2.0 ± 1.2	14.2 ± 1.0

[z] L = light; a: +a = red, –a = green; b: +b = yellow, –b = blue.

所示，花後第1週起細胞層數即不再繼續增加，顯示花後1週左右即已停止細胞分裂。稜高部位的細胞層數約爲稜厚部位的3倍，而老枝無論稜厚或稜高，其細胞層數均較新枝爲多。

果實生長期間的內容物變化

果皮的外觀色澤變化由花後9週開始調查（表2），L值（明度）在發育期間的變化量並不大，套袋後大致在42~37之間，而有稍降趨勢。a值爲負值，呈現綠色的底色，同時隨發育週數的增加而提高，其色調爲漸進式變化，且變化量較b值爲大，褪綠較轉黃爲明顯。b值爲正值，呈現黃色之色彩，隨果實發育週數的增加而稍有降低。觀察果實外表色澤的變化，由花後中期的暗淡綠色，至將近成熟時果皮黃色逐漸顯現，至最末週時則呈現金黃或全黃色。

'秤錘' 楊桃果實發育期間之硬度變化（圖6），隨著取樣週數的增加迅速下降，新老枝條上的果實分別由430g及400g降至300g及280g，至最末週硬度分別減少了34%及25%。老枝果稜硬度較高於新枝；不同著果部位間，新枝果實硬度下降速率亦高於老枝。而果實水分含量變化（圖6），在花後2週前均低於30%以下，2~3週起開始快速增加，至花後7週以後則維持在83-85%。水分的上升曲線初期與鮮重、體積在花後3週開始迅速上升有相同的結果，顯示鮮重與體積的增加可能和水分的大量進入有關；不同著果部位的果實以新枝果實的含水量稍高於老枝。

'秤錘' 楊桃果實發育期間的可溶性固形物變化（圖7），在花後初期的變化量較小，花後6週開始隨著果實發育週數的增加而迅速提高，至最末週時可溶性固形物平均爲9.5 °Brix。不同著果部位的果

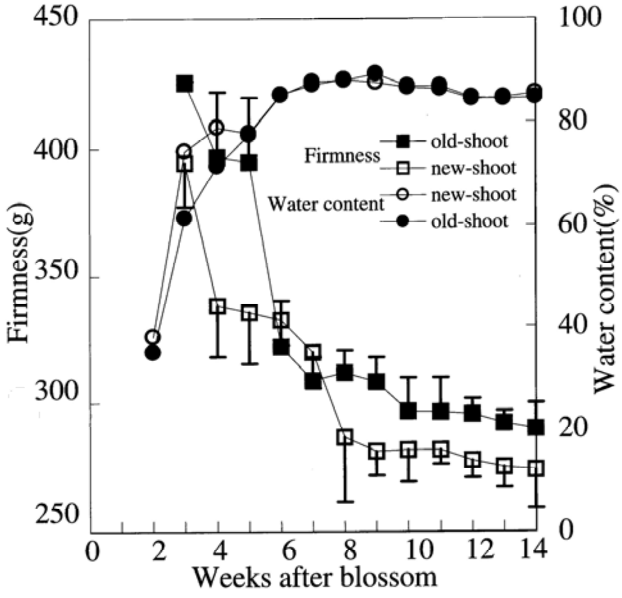


圖6. ‘秤錘’楊桃果實發育期間果稜硬度與果實水分含量之變化。

Fig.6. Development changes in fruit rib firmness and water content of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

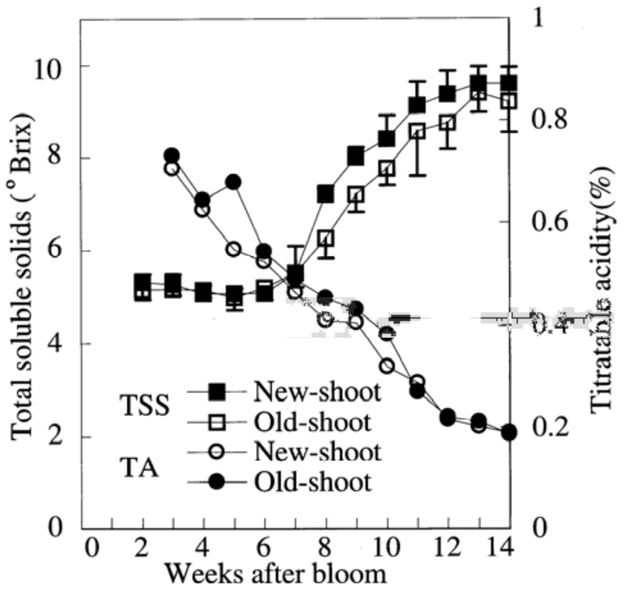


圖7. ‘秤錘’楊桃果實發育期間可溶性固形物 (TSS) 與可滴定酸 (TA) 之變化。

Fig.7. Development changes in fruit total soluble solids and titratable acidity (TA) of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

表3. ‘秤錘’楊桃於花後12週不同著果部位果實之性狀調查結果

Table 3. Comparison of ‘Chun-Choi’ carambola fruits borne on different diameter shoot at the 12th week after blossom

Item	Old-shoot	New-shoot
Fruit length (cm)	13.8 ± 0.5	13.7 ± 0.5
Rib width (cm)	3.5 ± 0.2	3.1 ± 0.2
Rib thickness (cm)	2.7 ± 0.1	2.4 ± 0.1
Fruit weight (g)	267.5 ± 8.5	267.4 ± 22.2
Fruit volumn (cm^3)	234.8 ± 27.3	2[illegible]7.6 ± 31.6
Fruit firmness (g)	295.8 ± 5.9	277.6 ± 6.3
Water content (%)	84.4	84.7
Total soluble solids (°Brix)	8.7 ± 0.6	9.4 ± 1.1
Titratable acidity (%)	0.22	0.21
Fructose (%)	4.27	4.58
Sucrose (%)	3.81	3.93
Glucose (%)	0.05	0.06
Sugar acid ratio (%)	38.4	40.3

實以新枝較老枝為高，最末週時兩者相差0.4 °Brix。果實醣類的分析，主要含果糖及葡萄糖，且兩者含量頗為接近，葡萄糖的含量則較少（表3）。在花後6週時果糖、葡萄糖含量各為2.14%及2.05%，採收前則分別增加至4.43%及3.87%（調查結果未顯示）。

果汁可滴定酸的變化（圖7）為隨著果實的發育而快速下降，花後3週時老枝與新枝分別為0.73%及0.71%，至最末週時分別為0.19%及0.18%，發育期間老枝的可滴定酸均高於新枝，但二者差異並不明顯。果汁的糖酸比變化（圖8），於幼果期平均約為10，隨著果實發育週數的增加而上升，花後10週上升增加至25以上，至最末週時更達到50。

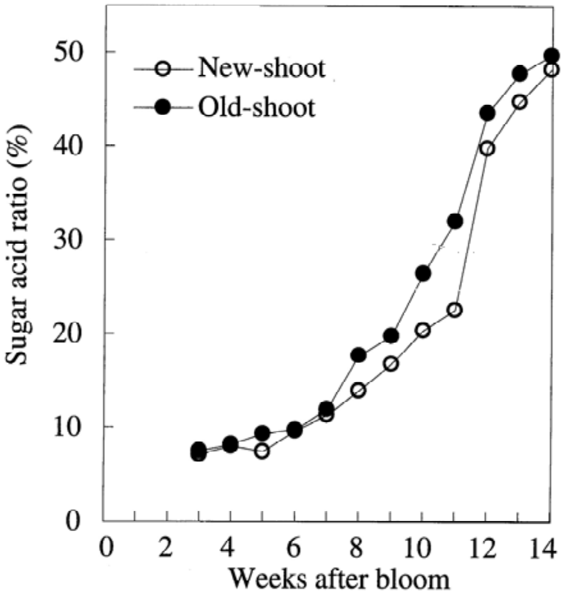


圖8. ‘秤錘’楊桃果實發育期間糖酸比之變化。

Fig.8. Development changes in sugar acid ratio of ‘Chun-Choi’ carambola fruits born on different diameter shoot.

著果部位與果實發育

將不同著果部位間之‘秤錘’楊桃發育外觀及內容物組成分，在花後12週時的調查結果列如表3。在外觀形態上以老枝果實數值較高（稜厚除外），顯示其果實較大，果形較爲短圓；而內容物組成上，老枝部位果實的可溶性固形物、醣類成分及水分含量較低，果實硬度及可滴定酸則較高；以整體風味而言，老枝果實的口感較爲硬實、酸澀，品質較新枝的果實爲差。

著果部位的果實貯藏性差異

貯藏期間外表色澤變化（表4），8分熟之夏果置於室溫下，7日後的果色變化，a值（紅綠互補色）由負值逐漸趨於正值，而b值（黃藍互補色）則稍有下降，因此楊桃果皮的呈色應是葉綠素不斷喪失的結果，類胡蘿蔔素在採收後並未繼續合成；而明度（L值）則逐日下降，光澤感逐日喪失。著果部位間以老枝果實色澤保持較新枝爲脆綠，其褪綠或褐化速率亦較新枝爲慢。果實經5℃冷藏21日後移至室溫下果皮色澤之變化（表5），明度 (L) 的下降速率較未經冷藏者爲快，葉綠素的下降速率亦較高於未經冷藏處理者，顯示果實經冷藏後再予回溫後會導致果皮色快速轉褐，商品壽命減短。

表4. ‘秤錘’楊桃果實於室溫 (28~32℃) 下貯藏期間色澤之變化[z]

Table 4. Changes in skin color of ‘Chun-Choi’ carambola fruits after harvest at room temperature (28~32℃)[z]

Days at room temp.	L		a		b	
	Old-shoot	New-shoot	Old-shoot	New-shoot	Old-shoot	New-shoot
1	49.4 ± 2.2	49.8 ± 3.6	-0.9 ± 0.3	-0.6 ± 0.1	23.3 ± 1.6	20.8 ± 1.3
2	49.4 ± 3.1	49.4 ± 5.8	-0.6 ± 0.5	-0.2 ± 0.1	23.4 ± 0.7	21.4 ± 1.5
3	49.2 ± 1.9	49.3 ± 1.1	-0.5 ± 0.3	-0.1 ± 0.1	22.8 ± 0.6	21.4 ± 1.2
7	46.1 ± 5.5	47.8 ± 1.3	0.4 ± 0.3	0.6 ± 0.3	20.9 ± 1.0	21.8 ± 1.9
10	44.9 ± 3.4	47.8 ± 5.8	0.5 ± 0.2	0.9 ± 0.4	21.1 ± 0.6	24.1 ± 1.8
13	44.3 ± 1.8	46.5 ± 4.5	0.8 ± 0.2	1.3 ± 0.3	20.2 ± 1.2	22.5 ± 2.5
16	45.6 ± 4.0	45.6 ± 2.2	1.1 ± 0.6	1.4 ± 0.5	22.9 ± 0.1	22.9 ± 2.0

[z] Same as in table 2.

表5. ‘秤錘’楊桃5℃冷藏21日後移至室溫 (28~32℃) 下色澤之變化[z]

Table 5. Changes in skin color of ‘Chun-Choi’ carambola fruits stored at 5℃ for 21days prior to then at room temperature (28~32℃)[z]

Days at room temp.	L		a		b	
	Old-shoot	New-shoot	Old-shoot	New-shoot	Old-shoot	New-shoot
1	48.1 ± 2.2	49.5 ± 2.9	-2.0 ± 0.1	-1.8 ± 0.0	21.9 ± 1.6	23.3 ± 2.1
3	46.5 ± 3.1	47.9 ± 3.0	-1.9 ± 0.2	-1.3 ± 0.0	22.7 ± 1.7	23.8 ± 1.2
5	46.7 ± 1.9	46.2 ± 1.8	-0.2 ± 0.1	-0.2 ± 0.1	26.2 ± 3.6	24.8 ± 1.8
7	43.7 ± 3.5	44.3 ± 3.0	-0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.1	21.3 ± 1.0	22.3 ± 2.1
9	42.9 ± 2.4	42.4 ± 1.9	0.2 ± 0.0	0.6 ± 0.0	21.5 ± 2.6	22.0 ± 2.5
12	40.7 ± 1.8	40.8 ± 2.5	0.7 ± 0.0	0.8 ± 0.1	16.5 ± 1.2	19.6 ± 1.1

[z] Same as in table 2.

果實採收後置室溫下之失水百分率（圖9），初期以新枝稍高於老枝，1週以後則以老枝較高，惟其差異並不顯著；隨放置日數的增加，失水率亦逐漸的增加，著果部位間的差異較爲明顯，調查至採下後23日，此時果稜嚴重已褐化萎縮，失水率平均達12%，已無商品價值；然果實採收7日後，因其果皮的褐化尚不明顯，此時失水率雖達3%，但仍具商品價值。而經5℃冷藏21日後再置室溫下之失水百分率（圖10），初期在部位間的差異亦不明顯，至19日調查結束後，新枝則較高於老枝，兩部位間相差4%。顯示老枝果實有較長的商品壽命。

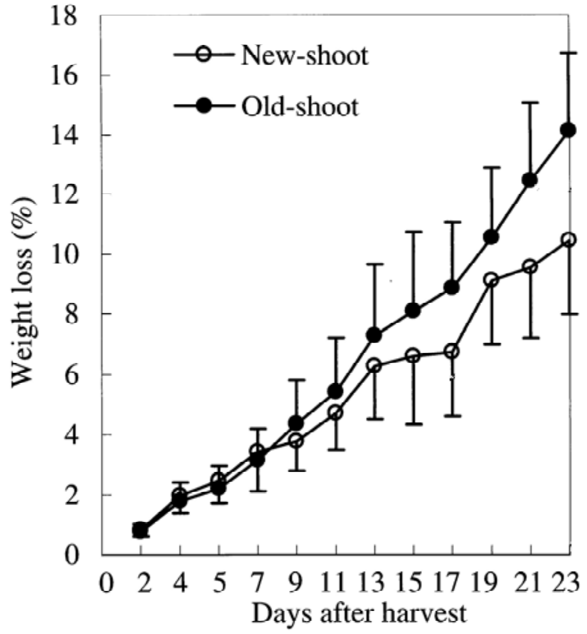


圖9. ‘秤錘’楊桃果實室溫 (28~32 ℃) 之失重百分率。

Fig. 9. Weight loss of ‘Chun-Choi’ carambola fruits after harvest at room temperature (28~32 ℃).

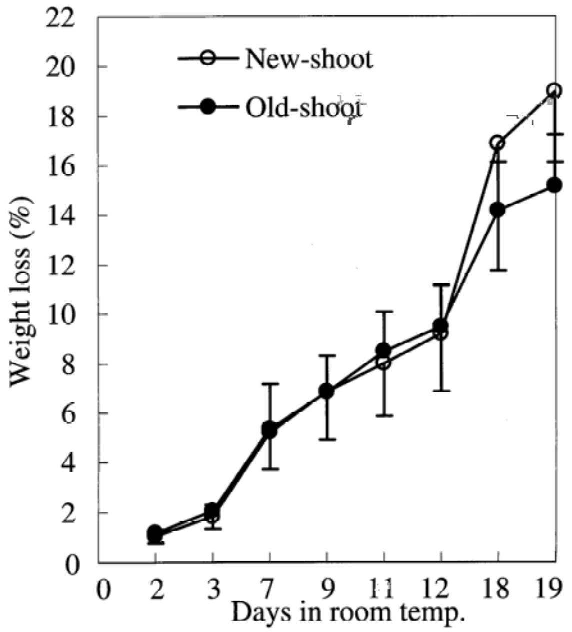


圖10. ‘秤錘’楊桃果實冷藏5℃ 21日後再移至室溫之失重百分率 (5℃ 21 days → 28℃ 19 days)。

Fig. 10. Weight loss of ‘Chun-Choi’ carambola fruits stored at 5 ℃ for 21 days prior to determine at room temperature.

討　論

‘秤錘’楊桃果實的發育生長曲線，由鮮重及體積的觀察上，呈現單S形生長曲線，此結果與其他楊桃品種[12, 17, 19, 25]的觀察結果一致，並與蓮霧相似[10]。由果重與體積的生長曲線變化，整個果實生長發育過程可略分爲三個階段：花後1週前，進行旺盛的細胞分裂 (cell division)，果實生長緩慢[10, 13]，重量及體積的變化很小；花後9週前細胞不斷進行伸展與擴大，是細胞擴大期 (cell enlargement)，鮮重及體積的增加頗爲明顯，可視爲果實快速生長期；而花後10週以後果實的發育又趨於緩和，此階段主要進行內容物的轉化或是養分的貯藏，在外觀形態的變化量逐漸減少，並可視爲進入生理成熟期；試驗結果可以做爲果農在果實生長期間，噴施生長調節劑的參考。

在不同著果部位果實的生長速率比較上，老枝生長初期稍高於新枝，但至發育後期則較無明顯的差異，此與老枝蓄積有較多的貯藏養分，同時其果實細胞分裂較爲旺盛，加上著果數也較少，枝條可以充分供應細胞分裂所需的營養，因此發育初期各項生化反應的進行較爲迅速，果實較爲肥大；但至中果期以後，由於新枝附近著生有較多的葉片可就近輸送光合成產物，補充果實發育所需的營養，加上其枝條的代謝活力亦較老枝爲強，因此至後期果兩部位間的果實發育速率差異並不明顯。

‘秤錘’楊桃果實到達生理成熟期所需日數，5月開花者約需時10週，與本省其他楊桃品種[12, 17, 19]的研究稍有差異，顯示果實的生長受品種、氣候條件及栽培管理方式的影響差異明顯，也因此目前楊桃栽培上較少以果實的發育日數來做爲採收的指標依據[19, 25]。

‘秤錘’楊桃果實含有豐富的類胡蘿蔔素[21]，果實成熟時呈現誘人的黃色。隨著果實的發育，果皮a值亦逐漸上升，但b值則稍有降低，顯示楊桃果實的呈色主要爲葉綠素被分解的結果，而逐漸呈現黃色的底色，在花後13週時已全果轉黃，此結果與 ‘Arkin’ 及 ‘Golden Star’[19]兩品種的調查結果相似，但卻較‘二林’[17]的轉色期爲早，可能係爲品種特性或受果實發育期間累積溫度的影響。觀察楊桃果實的顏色變化，常從果尾末端最先轉黃，同時此部位的可溶性固形物含量也較高，顯示果皮的色素分布並不均勻或是果實的發育亦非同步進行，導致果實的品質與成熟速率不一致，此結果與紅龍果[9]的轉色或糖度在各部位的糖度分佈亦不均勻的情形相似。在不同的著果部位上，新枝著生的果實呈色較老枝的果實稍黃，可能與其著果位置位於樹冠較外層，接受光照的程度較老枝爲充足或是因其果實的含糖量較高所導致，因此果實的轉色以新枝較快且果色較深。

隨著果實的逐漸成熟，細胞壁結構發生變化，果實硬度會逐漸降低而使質地變軟，其中楊桃果實的軟化尤以果膠分解酵素 (Pectinmethylesterase, PG) 的誘導活化，所導致細胞結構的變化最爲重要[20]。不同品種由於細胞壁結構強弱、細胞膜的厚度、細胞間隙的大小與酵素活性的不同，果實的硬度也有所不同。楊桃果稜的硬度由發育初期的415g，逐漸降至最末週的290g，減少了30%，而使質地變得較爲細緻可口。不同著果部位的果實，新枝的硬度較老枝爲低，可能與新枝果實的細胞層數較老枝爲少，因此細胞壁結構較老枝更爲脆弱，果肉因此較老枝爲細軟有關。

果實水分含量的變化，發育初期水分含量較低，花後2~3週起開始快速上升，而至花後7週以後即維持平穩，其上升曲線與鮮重及體積的初期變化相似，顯示果實鮮重與體積的增加主要爲細胞肥大過程中，水分持續進入的結果，因此在果實快速發育期間（3~7週）應供給足夠的水分，乃爲生產大形果實的基礎。

在可溶性固形物的含量變化上，完全成熟的楊桃達到最高，與其他楊桃栽培種[12, 17, 19]的調查結果一致，並與其他果樹種類如番石榴[13]、蓮霧[10]及葡萄[4]果實的變化有相似的結果，均隨果實的發育逐漸增加；而果實中糖分的增加大致在種子轉色後開始（花後7週），此乃由於果實發育初期主要以合成結構物或進行其他生化反應爲主，能量的需求較大，因此糖分的累積速度慢；而隨著果實的逐漸成熟，果實可分配到較多的碳水化合物，因此後期糖分累積快速。至於完熟前可溶性固形物的累積又趨於緩和，與果實肥大的同時所產生的稀釋作用或是糖類又再進行其他的轉化，以致不再繼續增加有關。在

著果部位間的可溶性固形物以新枝果實較高，此與新枝附近葉片可就近供給果實光合成產物及新枝的新陳代謝活力較高有關；但若是新梢所結的果實，因其對光合產物的競爭能力又較其他發育中的果實爲強[22]，營養競爭的結果，新梢所結的果實反比當年生枝果實的可溶性固形物低。至於果實內糖類成分的分析上，‘秤錘’楊桃以果糖及葡萄糖爲最主要的糖，蔗糖含量甚微或無，且在發育後期一直沒有出現蔗糖的轉化或累積，因此採收以後的果實已無法再繼續果糖及葡萄糖的合成，同時亦無進行蔗糖的轉化，因此楊桃的風味在採收後不會提升。

‘秤錘’楊桃可滴定酸的變化爲隨著果實的發育而逐漸下降，此與其他楊桃甜味種的變化類似[17,19]，並與前述番石榴[13]、印度棗[10]及葡萄[4]等果樹的變化相似。隨著果實的逐漸成熟，酸逐漸被氧化分解而減少，同時在果實肥大的同時也產生了稀釋作用，以致採收前有機酸持續下降。不同著果部位果實的有機酸含量，新枝的有機酸較低於老枝，此可能與新枝果實較接近樹冠周緣，其受光面較佳，且其枝條新陳代謝活力較強，因此較有利於酸的分解有關[22]。

果實的風味除取決於糖酸含量的絕對值以外，並與糖酸比的關係密切。品質優良的楊桃果實糖酸比介於14-44之間[7]，‘秤錘’楊桃在花後9週糖酸比即超過20，同時在隨後的4週迅速上升，13週後又趨於緩和，因此於花後10週以後開始進行採收，果實的品質與風味爲逐週上升。

不同著果部位間的果實品質調查上，與‘台農1號’[3]及‘馬來西亞’[4]等楊桃栽培種的結果一致，均以新枝的果實品質較佳。由於果實著生部位的品質受枝葉同化物質的運輸距離、貯藏養分多寡、新陳代謝能力及受光強弱的影響[6]，老枝部位的果實著生於較粗大的主幹及側枝上，此部位枝條常蓄積較多前年所剩餘的養分，因此果實的發育初期，常可提供較充足的養分以供應果實進行細胞分裂所需的能量，也因此其細胞層數稍高於新枝果實，並致使其在體積、果重、稜寬、果長、周長的數值等方面均凌駕於新枝的果實；但在果實內容物成分的含量上，由於內容物的轉化常在果實的發育中後期，此時新枝附近的葉片常製造大量的光合產物可就近供應果實的需要，加上新枝的新陳代謝也較爲旺盛，養水分運移速率快，因此在水分含量、可溶性固形物、醣類成分、可滴定酸、果實軟化速率等內容物的變化上，不論是蓄積或降解的變化均較老枝來得快速，也因此新枝果實的品質常優於老枝部位的果實，其風味較佳。

不同著果部位的果實其貯藏品質稍有差異。在進行失水率調查的同時亦發現，在室溫下貯放的楊桃，初期以著果於樹冠較內圍的老枝果實，較不易有腐爛的發病現象，顯示其貯藏力較高於新枝的果實，然至1週以後之失水率反高於老枝。在梨[8]、蘋果[24]等果樹亦發現位於樹冠外層的果實，可能由於鉀和乾物質的含量較高、氮和鈣的含量較低及鉀/鈣比高，因此生理病的得病機率較高，果實的貯藏力以樹冠內層者較高。然因老枝的果實常大於新枝，其表面積大，蒸散速率亦較爲旺盛，Coombe及Bishop[18]表示採收後的果實如果水分損失過快，也會促進果實成熟的速率，老枝果實因較大，因此後期水分失水率高。

果實經5℃的低溫冷藏後再置於室溫，觀察新枝果實的罹病情形較高於老枝的果實，也與在低溫冷藏後的'國光'蘋果[24]在貯藏期間橡皮病 (internet break) 罹病率較高的情形相似，此可能亦與果實發育部位的不同，果實內容物成分不同之差異所致。陶世蓉等人[8]也曾表示，耐貯藏的‘黃縣長把’梨的果實表皮細胞排列較爲緊密，且細胞壁較厚，內含單寧物質較多，因此可以保護果實免於脫水及病蟲感染，觀察楊桃老枝的果實細胞數亦較新枝爲多，排列亦較爲緊密，因此老枝的果實耐貯藏。由於楊桃果實的有機酸含量頗高，其貯藏力較高於其他的熱帶果樹，再加上其乙烯生成速率及呼吸速率都低[17]，在發生寒害的臨界低溫以上的溫度貯藏，更可抑制其果實組成分的變化，保持其品質。

綜合上述研究，在‘秤錘’果實的生產上，除因外銷需求進行的檢疫低溫處理外，以新枝部位的果實較優，果實品質較高。消費者在選購楊桃時，若從外觀形態上來判定，以稜愈厚實而飽滿、呈長橢圓形、果皮色較黃且稜邊不帶綠的果實爲最佳。至於果實採收成熟期的決定，爲同時顧及經濟價

值、產量、售價與外銷市場上的需要，5月開花的‘秤錘’楊桃果實在花後11週以後採收會有較佳的果實品質，此時果實特性表現爲稜面色呈黃綠色、可溶性固形物含量8.3 °Brix、可滴定酸0.24%，同時隨著花後週數的增加，果實品質愈爲提高。

誌　　謝

本研究承蒙行政院農業委員會（89科技-1.1-糧-66(01-1)）補助經費，謹此致謝。

引用文獻

1. 王子慶、謝慶昌、林德勝。1997。甜楊桃果實外銷適性之研究。中華農業研究46: 278-293。
2. 王武彰。1991。楊桃「台農1號」之育成。中華農業研究40: 396-406。
3. 王武彰。1994。著果部位對楊桃產量與品質之影響。中華農業研究41: 261-270。
4. 臺南區農業改良場87年年報。1999。楊桃產期調適及品質改進研究p.36-37。台灣省台南區農業改良場編印。
5. 何妙齡。1984。台灣夏季與冬季葡萄果實發育期間有機酸與糖分含量變化之研究。菸試彙報21: 80-91。
6. 林鴻淇。1991。果樹無機養分的吸收與運移。果樹營養與果園土壤管理研討會專集1-10頁。臺中區農業改良場特刊第20號。
7. 游若荻、王武彰。1987。楊桃之品質成分與加工利用之研究。中華農業研究36:196-205。
8. 陶世蓉、辛華、初慶剛。1992。梨果實細胞之研究。萊陽農學院學報9: 181-184。
9. 張鳳如、顏昌瑞。1997。仙人掌果紅龍之開花及果實生長。台灣省台中區農業改良場特刊第38號。提昇果樹產業競爭力研討會專集p293-299。
10. 許仁宏、廖秀眞、林慧玲、李國權。1998。蓮霧果實生育期間外部形態與內部有機成份的變化。中國園藝44: 491-501。
11. 黃子彬、李金龍、楊耀祥。1984。巨峰葡萄一年多收對果實品質之影響。中國園藝30: 111-119。
12. 黃維泯。1992。酸味種楊桃果實生長調查及其果汁去澀方法之研究。國立台灣大學食品科學研究所碩士論文p38-40。
13. 楊宗獻、翁愼微、楊耀祥。1996。‘二十世紀’番石榴果實發育之研究。興大園藝21: 1-16。
14. 楊淑惠、王武彰。1994。秤錘種楊桃的貯藏品質。中華農業研究42:387-395。
15. 劉業經、呂福原、歐辰雄。1994。台灣樹木誌。571頁。國立中興大學農學院叢書。台中。
16. 劉碧鵑、王武彰。1996。楊桃產業之栽培現況與展望。台灣熱帶地區果園經營管理研討會專刊p.135-146。
17. 謝慶昌。1985。楊桃果實生長調查及採收後處理之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文117pp。
18. Coombe, B. G., and G. R. Bishop. 1980. Development of the grape berry. II Changes in diameter and deformability during veraison. Aust. J. Agric. Res. 31: 499-501.
19. Campbell, C. A., and K. E. Koch. 1989. Sugar/acid composition and development of sweet and tart carambola fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 455-457.
20. Ghazali, H. M., and K. S. Peng. 1993. Changes in polyglacturonase activity and texture during ripening of starfruit. ASEAN Food J. 8: 153-156.
21. Gross, J., R. Ikan, and G. Eckhardt. 1983. Carotenoids of the fruit of *Averrhoa carambola*. Photochemistry 22: 1479-1481.
22. Kadoya, K. 1974. Studies on the distribution and diversion of photosynthates within tree parts during the growth of Satsuma mandarin fruit. Memoirs of the Collage of Agriculture, Ehime University 18: 193-254.
23. Koch, K. E. 1984. The path of photosynthate translocation into citrus fruit. Plant Cell Environ. 7: 647-653.
24. Jackson, G. 1974. Polyphenols in golden delicious apple in relation to method of preparation. J. Agric. Food Chem. 24: 448。
25. Siti, H. A. and M. Y. Jaafar. 1992. Effect of harvest maturity on physical and chemical characteristics of carambola. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 20:133-136.
26. Voss. D. H. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticulture society color chart. Hort Science 27: 1256-1260.
27. Watson, B. J., A. P. George, R. J. Nissen, and B. I. Brown. 1988. Carambola : a star on the horizon. Queensl. Agric. J. 114:45-51.

Effect of Different Diameters of Shoots on Development and Storage Quality of Carambola Fruit [1]

Pi-Chuan Liu[2], Yau-Shiang Yang[3,4], Der-Lan Wang and Tsu-Ching Wang[2]

Summary

The objective of this study is to study the effect of different ages of shoots on the development and storage quality of fruits of 'Chun-Choi' carambola (Averrhoa carambola) in the same trees. The results showed that the carambola fruit growth curve is single sigmoid indicating no stagnant period during fruit development. The fruits, which blossomed in May, increase rapidly in fruit length, rib thickness, rib width and fruit cirumfence one week after blossom. However, increase of fresh weight and size of fruits and accumulation of total soluble solids (TSS) started from 4th week and 7th weeks, respectively, after blossom. The fruits reach into physiologically matured period when the appearance of outer growth turned mild at the 10 weeks after blossom. Meanwhile, the fruit color turned gradually from dark green during development period into complete yellow of maturity period. The interior components are also changed. Water content, total soluble solids and sugar content were increase with the increase of fruit size, whereas hardness and titratable acid were decrease. Compare to young shoots, fruits born on old shoots were heavier and larger, with wider rib, short oval shaped and lighter skin color. Their fruit components including total soluble solids and sugar content were lower, whereas titratable acid and hardness were higher. The storage quality of fruits born on different age shoots was also different. Fruits born on old shoots lost less weight in the first week at room temperature, but lost more in later stage. Meanwhile, the old shoot-producing fruits lost less weight after storage at 5 ℃ for 21 days and then at room temperature for 19 days fruits.

Key words： star fruit, carambola, fruit growth, fruit quality.

---

1. Contribution No.2105 from Council of Agriculture Research Institute. Accepted by March 6, 2002.

2. Assistant Researcher, Horticulturist and Head of Department of Tropical Fruit Trees, Associate, Respectively. Fengshan Tropical Horticulture Experiment Station, Taiwan Agriculture Research Institute. Fengshan Kaohsiung, Taiwan, ROC.

3. Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

4. Corresponding author, E-mail:ysyang@dragon.nchu.edu.tw; Fax:(04)22851320.

中華農業研究

第五十一卷　第一期

中華民國九十一年三月出版

發行人：林俊義
總編輯：安寶貞
主　編：陳育信　黃淑華　楊舜臣　陳榮華
編審委員：
農藝組：黃洋宮（主審）
王強生　呂秀英　陳一心　楊純明
劉大江　劉新裕　蔡新聲
園藝組：歐錫坤（主審）
王德男　施昭彰　徐信次　劉政道
劉邦基
農化組：廖慶樑（主審）
王鐘和　郭鴻裕　劉慧瑛　簡宣裕
植病組：張清安（主審）
安寶貞　羅朝村　彭金騰　程永雄
蔡武雄
昆蟲組：羅幹成（主審）
王清玲　何琦琛　陳炳輝　陳健忠
鄭　允　鄭清煥
農機組：梁連勝（主審）
黃禮棟　蔡致榮
種原組：范明仁（主審）
農經組：潘德芳（主審）

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員

Vol. 51, No.1 Mar. 2002

JOURNAL
OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann Pao-Jen

SENIOR EDITORS:

Chen Yu-Hsin | Huang Shu-Hua | Yang Shen-Chen
Chen Long-Far

EDITORIAL BOARD:

Chang Chin-An (Plant Pathology)
Ou Shyi-Kuan (Horticulture)
Liang Lien-Sheng (Agriculture Engineering)
Liaw Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Lo Kang-Chen (Applied Zoology)
Huang Pang-Kong (Agronomy)
Fan Ming-Jen (Crop Genetic Resources)
Pan Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Ann Pao-Jen, Chen Bing-Huei, Chen Chien-Chung,
Chen Yi-Shin, Cheng Ching-Huan, Cheng Edward Yun,
Cheng Yung-Hsiung, Chien Shiuah-Yuh, Guo Horng-Yuh,
Ho Chyi-Chen, Hsu Hsin-Tszu, Huarng Li-Duhng,
Lin Cheng-Chung, Liou Pan-Chi, Liou Tsung-Dao,
Liu Dah-Jiang, Liu Huey-Ing, Liu Sin-Yie,
Lo Chaur-Tsuen, Lu Hsiu-Ying, Peng Jin-Tong,
Shih Jau-Chang, Tsai Wu-Hsiung, Tsay Hsin-Sheng,
Tsay Jyh-Rong, Wang Chan-Sen, Wang Chong-Ho,
Wang Chin-Ling, Wang Der-Nung, Wu Chi-Guang,
Yang Chwen-Ming

Reviewers of related fields are invited from universities, and other research organizations

中華農業研究第五十一卷第一期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)2330-2301～5

編　輯
印製者：榮裕實業股份有限公司

地　址：台中市大慶街二段二十號

電　話：(04)22618008

中華民國91年3月出版

Vol. 51, No.1 Mar. 2002

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Changes of nitrogen and chlorophyll contents and reflectance spectral characteristics to the application of nitrogen fertilizer in rice plants
……Yuh-Jyuan Lee, Chwen-Ming Yang and Ay-Hwa Chang… 1

Analysis of Climatic Factors on Forage Yield of Pangolagrass
……Fang-Ming Chang, Chwen-Ming Yang, Kuo-Yuan Hong, Yih-Min Shy, Fu-Hsing Hsu, Ruey-Hsiung Buu and Wen-Wei King…15

Chilling requirement for native *Prunus campanulata* Maxim in Taiwan
……Shyi-Kuan Ou and Chi-Ling Chen…25

A Study on Controlled Atmosphere Storage of Cabbage with Sealed Plastic Tent
……Chao-Chia Huang, Huey-Suey Huang and Chin-Yu Tsai…33

The Toxin Components Study on Generic Products of Abamectin
……Edward Y. Cheng, Ching-Hua Kao and Yu-Bing Hwang…43

Effect of Fruitlet Stripping in Off-year on Subsequent Yield of 'Eureka' Lemon
……A-Shiarn Hwang…56

Effects of different diameters of shoots on Development and Storage quality of Carambola Fruit
……Pi-Chuan Liu, Yau-Shiang Yang, Der-Lan Wang and Tsu-Ching Wang…61

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

定價：新臺幣一七五元

ISSN 0376-477X

9 770376 477003
GPN025263890075